

Syarat Tambahan

Pengajuan Guru Besar 2023

Nama: Dr. Yohandri Bow

NIP 197110231993041002

Jabatan Fungsional: Lektor Kepala 700 (2017)

Syarat Tambahan Hibah Penelitian

- 1. Tahun 2016 dengan nilai kontrak: Rp. 50.000.000,-**
- 2. Tahun 2017 dengan nilai kontrak: Rp. 70.000.000,-**
- 3. Tahun 2021 dengan nilai kontrak: Rp. 127.240.000,- dan Rp. 183.730.000,-**
- 4. Tahun 2022 dengan nilai kontrak: Rp. 98.934.000,-**

Laporan penelitian telah diunggah di Simlitabmas dan di BIMA

Penelitian Tahun 2016

Penelitian Hibah Bersaing Tahun I

PENGEMBANGAN METODE MOLECULRLY IMPRINTED POLYMER (MIP)
POLISULFAN DAN APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Ll.4 Gedung D Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270
Telepon: (021) 57946042 Fax: (021) 57946085

**SURAT PERJANJIAN PENUGASAN DALAM RANGKA
PELAKSANAAN PROGRAM PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2016
Nomor : 189 /SP2H/LT/DRPM/III/2016**

Pada hari ini Kamis tanggal Sepuluh bulan Maret tahun Dua ribu Enam belas, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. **Ocky Karna Radjasa** : **Pejabat Pembuat Komitmen** Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi yang berkedudukan di Jakarta, berdasarkan Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Direktorat Jenderal Penguatan Riset Dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 1/E1/KPT/2016 tanggal 4 Januari 2016 untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T** : Sebagai **Diruktur .Politeknik Negeri Sriwijaya** yang berkedudukan di **Palembang**, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Perguruan Tinggi tersebut; untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

Perjanjian penugasan ini berdasarkan kepada:

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2003, tentang Keuangan Negara.
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional.
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2004, tentang Perbendaharaan Negara.
4. Undang-Undang Republik Indonesia No. 15 Tahun 2004, tentang Pemeriksaan Pengelolaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara;
5. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi
6. Undang-undang Nomor 39 Tahun 2008 tentang Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 166, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4916);
7. Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 8);
8. Peraturan Presiden Nomor 13 Tahun 2015 tentang Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 14);
9. Keputusan Presiden Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode 2014-2019;
10. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan tinggi Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan tinggi.



11. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 698/M/Kp/XIII/2015, tentang Pejabat Perbendaharaan Pada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Tahun Anggaran 2016.
12. Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi Republik Indonesia Nomor 16/E/KPT/2016 tentang Penerima Penugasan Riset Tahun 2016.
13. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2016 tanggal 7 Desember 2015.

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA secara bersama-sama bersepakat mengikat diri dalam suatu Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian dengan ketentuan dan syarat-syarat yang diatur dalam pasal-pasal berikut:

PASAL 1

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk mengkoordinir dan sebagai penanggungjawab Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian yang dilakukan oleh para dosen perguruan tinggi di **Politeknik Negeri Sriwijaya**.
- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh atas pelaksanaan, administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagai dimaksud pada ayat (1) dan berkewajiban menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya.
- (3) Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian sebagaimana dimaksud ada ayat (1) sebanyak 7 (**tujuh**) Judul dibebankan pada DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2016 tanggal 7 Desember 2015.
- (4) Daftar nama Ketua pelaksana, judul, dan besarnya biaya setiap judul yang telah disetujui untuk didanai tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari surat perjanjian ini.

PASAL 2

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberikan bantuan dana untuk kegiatan sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 sebesar **Rp. 385.000.000,- (Tiga ratus delapan puluh lima juta rupiah)** yang dibebankan kepada DIPA Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2016 tanggal 7 Desember 2015.
- (2) Dana Penugasan pelaksanaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap melalui KPPN IIII Jakarta kepada rekening Institusi (LS), dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a) Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana kegiatan yaitu $70\% \times \text{Rp } 385.000.000,- = \text{Rp. } 269.500.000,-$ (**Dua ratus enam puluh sembilan juta lima ratus ribu rupiah**),
 - b) Pembayaran Tahap Kedua/Terakhir sebesar 30% dari total bantuan dana kegiatan yaitu $30\% \times \text{Rp } 385.000.000,- = \text{Rp. } 115.500.000,-$ (**Seratus lima belas juta lima ratus ribu rupiah**), dibayarkan setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke **SIM-LITABMAS** selambat-lambatnya tanggal **31 Juli 2016** dokumen sebagai berikut.
 - a. Catatan harian dan laporan penggunaan anggaran 70%
 - b. Laporan kemajuan pelaksanaan pekerjaan
 - c) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui dan berkewajiban untuk menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA**.

- d) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke Kas Negara.
- e) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyampaikan foto copy bukti pengembalian Dana ke Kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempal kepada **PIHAK PERTAMA**.

PASAL 3

- (1) Dana Penugasan sebagaimana dimaksud Pasal 2 ayat (1) dibayarkan kepada Institusi sebagai berikut.

Nama Institusi : Politeknik Negeri Sriwijaya
Nomor Rekening : 113-00-2878788-9
Nama penerima pada rekening : BPG 014 Politeknik Negeri Sriwijaya
Nama Bank : Bank Mandiri KC Palembang Arief
Alamat Bank : Jalan Kapten A. Rifai Palembang
Kota : Palembang
NPWP Perguruan Tinggi : 00.219.046.0-307.000

- (2) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggungjawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data lembaga, nama bank, nomor rekening, alamat, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

PASAL 4

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menindaklanjuti dan mengupayakan hasil program penelitian yang dilakukan dosen untuk memperoleh paten dan/atau publikasi ilmiah untuk setiap judul-judul penelitian sebagaimana dimaksud Pasal 1 ayat (1).
- (2) Perolehan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan tridharma perguruan tinggi.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan paten dan/atau publikasi ilmiah seperti yang dimaksud pada ayat (1) secara berkala kepada **PIHAK PERTAMA** pada setiap akhir Tahun Anggaran berjalan.

PASAL 5

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk membuat Surat Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian.
 - a. Perguruan Tinggi Negeri dengan masing-masing Ketua pelaksana untuk pengaturan hak dan kewajiban setiap pelaksana di lingkungan perguruan tingginya yang berisi antara lain: nama pelaksana, judul dan skema penelitian, jumlah dana hibah, tatacara/termin pembayaran, waktu pelaksanaan, batas akhir pelaporan penugasan dan penggunaan keuangan, dan sanksi;
 - b. Kopertis Wilayah dengan masing-masing Pimpinan PTS di wilayahnya. Selanjutnya masing-masing Pimpinan PTS membuat surat Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian dengan ketua pelaksana untuk pengaturan hak dan kewajiban setiap pelaksana di lingkungan perguruan lingginya yang berisi antara lain: nama pelaksana, judul Program Penelitian, jumlah dana hibah, tatacara/termin pembayaran, waktu pelaksanaan, batas akhir pelaporan penugasan dan penggunaan keuangan, dan sanksi;
- (2) Penilaian kemajuan pelaksanaan Program Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, setelah ketua pelaksana mengunggah laporan

kemajuan pelaksanaan kegiatan ke SIMLITABMAS, dengan berpedoman kepada prinsip-prinsip dan/atau kaidah Program Penelitian;

- (3) Perubahan-perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan program Penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan.

PASAL 6

- (1) **PIHAK KEDUA** harus menyampaikan Surat Pernyataan telah menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada SIMLITABMAS.
 - a. Catatan harian dan penggunaan dana 30% , pada tanggal 31 Oktober 2016
 - b. Laporan akhir, laporan keuangan 100%, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profile, pada tanggal 10 November 2016
- (2) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim laporan Kemajuan dan atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi denda sebesar 1 ‰ (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-lingginya 5% (lima persen), dihitung dari tanggal jatuh tempo sebagaimana tersebut pada pasal 1 ayat (1), 2 dan ayat (3), yang terdapat dalam Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian Tahun Anggaran 2016;
- (3) Peneliti/Pelaksana Pengabdian Masyarakat yang tidak hadir dalam kegiatan Monitoring dan Evaluasi serta Seminar Hasil Penelitian tanpa pemberitahuan sebelumnya ke Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, maka Penelitian tidak berhak menerima sisa dana penugasan tahap kedua sebesar 30%. **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penugasan 30% yang telah diterima ke Kas Negara.

PASAL 7

- (1) Laporan hasil program Penelitian sebagaimana tersebut pada pasal 6 ayat (1) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 1. Bentuk/ukuran kertas A4;
 2. Warna cover (disesuaikan dengan ketentuan di perguruan tinggi masing-masing);
 3. Di bawah bagian kulit ditulis :

Dibiayai oleh:

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian
Nomor: 189/SP2H/LT/DRPM/III/2016, tanggal 10 Maret 2016.

- (2) Softcopy laporan hasil program penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus diunggah ke SIM-LITABMAS sedangkan hardcopy wajib disimpan oleh **PIHAK KEDUA**.

PASAL 8

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** berhenti dari jabatannya, sebelum pelaksanaan perjanjian ini selesai, maka **PIHAK KEDUA** wajib menyerah terimakan tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya.

- (2) Apabila setiap ketua pelaksana sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan;
- (3) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 maka harus mengembalikan dana yang telah diterimanya ke Kas Negara serta menyerahkan fotocopy bukti pengembalian ke kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempat kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (4) Apabila dikemudian hari terbukti bahwa judul-judul Program Penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan program Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran/itikad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan Program Penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib melaporkan ke **PIHAK PERTAMA** serta mengembalikan dana Program Penelitian yang telah diterima ke Kas Negara serta menyerahkan fotocopy bukti pengembalian ke kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempat kepada **PIHAK PERTAMA**.

PASAL 9

PIHAK KEDUA berkewajiban memungut dan menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa:

1. pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
2. belanja honorarium dikenai PPh Pasal 21 dengan ketentuan:
 - a. 5% bagi yang memiliki NPWP untuk golongan III, serta 6% bagi yang tidak memiliki NPWP;
 - b. untuk golongan IV sebesar 15%; dan
3. pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

PASAL 10

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan Penelitian tersebut diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
- (2) Hasil Penelitian berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara yang dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Surat Keterangan Hibah.

PASAL 11

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses Hukum yang berlaku dengan memilih domisili Hukum di Pengadilan Negeri Jakarta Pusat
- (2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

PASAL 12

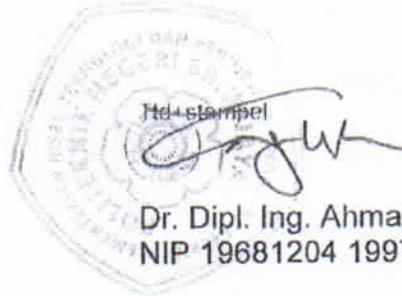
Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian ini dibuat rangkap 3 (tiga) bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya materai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA



Ocky Karna Radjasa
NIP. 19651029 19900 1 001

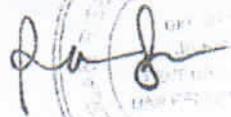
PIHAK KEDUA



Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T
NIP 19681204 199703 1 001

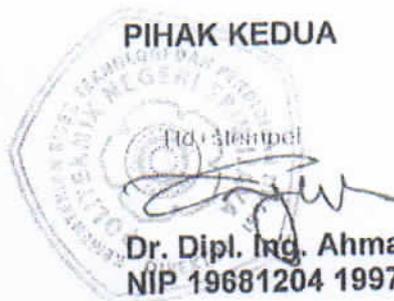
Berita Acara ini dibuat rangkap 3 (tiga) untuk dipergunakan sesuai dengan keperluan.

PIHAK PERTAMA



Ocky Karna Radjasa
NIP. 19651029 19900 1 001

PIHAK KEDUA

Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T
NIP 19681204 199703 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN
PENDIDIKAN TINGGI DIREKTORAT
JENDERAL PENGUATAN RISET DAN
PENGEMBANGAN

Tahun Anggaran : 2016
Nomor Bukti :
Mata Anggaran :

KUITANSI

Sudah terima dari : PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT

Uang sebesar (dengan huruf) : == Dua ratus enam puluh sembilan juta lima ratus ribu rupiah ==

Untuk pembayaran : Biaya Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian Tahap I (Satu) sebesar 70%, sesuai SP2H No. 189/SP2H/LT/DRPM/III/2016

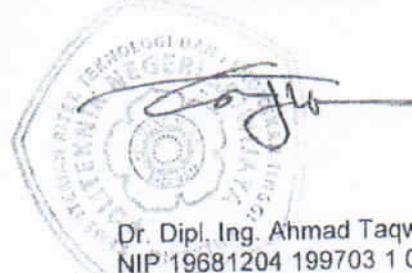
Rp. 269.500.000,-

A.n. Kuasa Pengguna Anggaran
Pejabat Pembuat Komitmen,



Ocky Karna Radjasa
NIP. 19651029 19900 1 001

Jakarta,
Politeknik Negeri Sriwijaya.



Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T
NIP. 19681204 199703 1 001

LAMPIRAN SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN HIBAH PENELITIAN TAHUN 2016

NOMOR SPPK : 189/SP2H/LT/DRPM/III/2016
 PERGURUAN TINGGI/KOPERTIS/LEMBAGA : Politeknik Negeri Sriwijaya.
 TANGGAL DIPA : 7 Desember 2015
 NOMOR DIPA : 042.06-0/2016
 UNIT ORGANISASI : Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
 KEMENTERIAN/LEMBAGA : Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi

005006

RISET TERAPAN

7 Judul

Penelitian Hibah Bersaing

5 Judul

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA	
1	IRAWAN MALIK	Desain, Manufaktur dan Pengujian Sistem Alat Angkat Manual untuk Kegiatan Perawatan & Perbaikan Sepeda Motor di Bengkel Umum	Rp. 50.000.000	(100%)
	0015105805		Rp. 35.000.000	(70%)
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)
2	YOHANDRI BOW	PENGEMBANGAN METODA MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP) POLISULFAN DAN APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK	Rp. 50.000.000	(100%)
	0023107103		Rp. 35.000.000	(70%)
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)
3	AHYAR SUPANI	RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI BANJIR DENGAN LOGIKA FUZZY BERBASIS SMS GATEWAY DAN REKAM DATA	Rp. 50.000.000	(100%)
	0011026802		Rp. 35.000.000	(70%)
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)
4	PRIDSON MANDIANGAN	Inovasi Teknologi Abakod Menjadi Akorama pada Alat Musik Tradisional Kolintang di Politeknik Negeri Sriwijaya	Rp. 50.000.000	(100%)
	0020035805		Rp. 35.000.000	(70%)
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)
5	ARIZAL ASWAN	THERMAL CRACKING LIMBAH PLASTIK LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) MENJADI BAHAN BAKAR CAIR	Rp. 50.000.000	(100%)
	0024045811		Rp. 35.000.000	(70%)
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)
SUBTOTAL DANA PER SKIM			Rp. 250.000.000	(100%)
			Rp. 175.000.000	(70%)
			Rp. 75.000.000	(30%)

Penelitian Strategis Nasional

1 Judul

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA	
1	MARTHA AZNURY	RANCANG ALAT BIODIGESTER UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI MINYAK KELAPA SAWIT UNTUK MEMPRODUKSI BIOMETAN DAN PUPUK	Rp. 75.000.000	(100%)
	0019067006		Rp. 52.500.000	(70%)
	Status usulan: Baru		Rp. 22.500.000	(30%)
SUBTOTAL DANA PER SKIM			Rp. 75.000.000	(100%)
			Rp. 52.500.000	(70%)
			Rp. 22.500.000	(30%)

Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi

1 Judul

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA
1	RUSDIANASARI	MODEL PENGELOLAAN LIMBAH CAIR TERPADU DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI	Rp. 60.000.000 (100%)
	0019116705		Rp. 42.000.000 (70%)
	Status usulan: Baru		Rp. 18.000.000 (30%)
SUBTOTAL DANA PER SKIM			Rp. 60.000.000 (100%)
			Rp. 42.000.000 (70%)
			Rp. 18.000.000 (30%)
SUBTOTAL DANA RISET TERAPAN			Rp. 385.000.000 (100%)
			Rp. 269.500.000 (70%)
			Rp. 115.500.000 (30%)
TOTAL DANA KESELURUHAN			Rp. 385.000.000 (100%)
			Rp. 269.500.000 (70%)
			Rp. 115.500.000 (30%)
TOTAL JUDUL KESELURUHAN			7 Judul

Jakarta, Maret 2016

Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat,



Ocky Karna Radjasa
NIP. 196510291990031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Lt.4 Gedung D Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270
Telepon: (021) 57946042 Fax: (021) 57946085

BERITA ACARA PEMBAYARAN

Nomor : 189/BAP/LT/IV/2016

Pada hari ini **Selasa** tanggal **Sembilan belas** bulan **April** tahun **Dua ribu Enam belas** yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : **Ocky Karna Radjasa**
Jabatan : **Pejabat Pembuat Komitmen Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi**
Alamat : **Jalan Pintu Satu Senayan Jakarta**

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama **Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi**, dalam Berita Acara pembayaran ini selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**.

2. Nama : **Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T**
Jabatan : **Diruktur**
NPWP : **00.219.046.0-307.000**
Alamat : **Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang**

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama **Politeknik Negeri Sriwijaya Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang** yang selanjutnya dalam Berita Acara Pembayaran ini disebut sebagai **PIHAK KEDUA**

- A. Berdasarkan :
- No. dan tanggal DIPA : **SP DIPA-042.06.1.401516/2016, tanggal 7 Desember 2015**
Rivisi 01 tanggal 08 Maret 2016
 - No. dan Tanggal SP2H : **189/SP2H/LT/DRPM/III/2016 tgl 10 Maret 2016**
 - Nilai SP2H : **Rp. 385.000.000,-**
(Tiga ratus delapan puluh lima juta rupiah)
 - Uraian Pekerjaan : **Pelaksanaan Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian**
- B. Berdasarkan Surat Perjanjian Penugasan tersebut, maka **PIHAK KEDUA** berhak menerima pembayaran dari **PIHAK KESATU** dengan rincian sebagai berikut :
1. Pembayaran Tahap I (satu) 70%
 2. Perhitungan Pembayaran
 - a. Jumlah pembayaran fisik s/d BAP ini **Rp. 269.500.000,-**
 - b. Jumlah pembayaran fisik s/d BAP lalu **Rp. _____ (+)**
 - c. Jumlah pembayaran fisik s/d BAP ini **Rp. 269.500.000,-**
- C. Pihak kedua setuju atas jumlah pembayaran tersebut diatas dan dibayarkan melalui **Bank Mandiri KC Palembang Arief Rekening No. 113-00-2878788-9** atas nama **BPG 014 Politeknik Negeri Sriwijaya**

**LAPORAN
PENELITIAN HIBAH BERSAING
TAHUN I**



**PENGEMBANGAN METODE *MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER* (MIP)
POLISULFAN DAN APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK**

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

**Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian
Nomor: 189/SP2H/LT/DRPM/III/2016 Tanggal 10 Maret 2016**

TIM PENELITI

Yohandri Bow, ST, MS	NIDN 0023107103
Hairul, ST, MT	NIDN 0026116508
Ibnu Hajar, S.T., M.T.	NIDN 0016027102

**POLITEKNIK NEGERI SRWIJAYA
NOVEMBER 2016**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PENGEMBANGAN METODA MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP) POLISULFAN DAN APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : YOHANDRI BOW S.T
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya
NIDN : 0023107103
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Energi
Nomor HP : 08127148244
Alamat surel (e-mail) : andre_bow@yahoo.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : HAIRUL S.T., M.T.
NIDN : 0026116508
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya

Anggota (2)
Nama Lengkap : IBNU HAJAR S.T
NIDN : 0016027102
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 50.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 130.000.000,00



Mengetahui,
Direktur Polsri

(Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.)
NIP/NIK 196812041997031001

Palembang, 6 - 11 - 2016
Ketua,

(YOHANDRI BOW S.T)
NIP/NIK 197110231994031002

Menyetujui,
Kepala UPPM

(Ir. Jaksen, M. Amin, M.Si.)
NIP/NIK 196209041990031002

RINGKASAN

Molecularly Imprinted Polymers (MIP) adalah teknik untuk menghasilkan suatu polimer yang memiliki rongga (*cavities*) yang spesifik akibat pembuangan *template*. MIP endosulfan merupakan MIP dengan *template* endosulfan yang merupakan salah satu jenis pestisida. MIP dapat diaplikasikan pada elektroda. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum pembuatan MIP endosulfan dengan metode pendinginan dan pemanasan, yang dilanjutkan pencucian *template* dan karakterisasi MIP endosulfan yang dihasilkan menggunakan SEM dan FT-IR, dan menguji kinerja elektroda aluminium-karbon berbasis MIP endosulfan sebagai sensor secara potensiometri. Sifat sensing merupakan bagian penting dari polimer berbasis MIP. Sifat ini sangat bergantung pada karakteristik rongga yang dihasilkan. Rongga yang diperoleh dari proses pembuangan *template* ketika polimer telah terbentuk sebagai padatan ini akan menentukan kualitas polimer yang dihasilkan. Polimer dengan rongga yang memiliki sifat fisika-kimia dan bentuk ruang yang sama dengan *template* akan mampu mengenal target dengan baik. Hasil karakterisasi menunjukkan adanya perbedaan jumlah pori antara MIP tanpa dan dengan pencucian. Jumlah pori dan ukuran pori ditentukan dengan menggunakan program PoreDiz pada perangkat lunak MatLab 2013. Jumlah pori pada rentang 0-135 nm dengan pencucian berjumlah 146 pori sedangkan tanpa pencucian 24 pori. Begitu juga pada rentang pori 135-285 nm dimana jumlah pori dengan pencucian berjumlah 139 pori sedangkan tanpa pencucian 98 pori. MIP endosulfan dengan pencucian memiliki jumlah pori yang lebih banyak karena dengan pencucian *template* endosulfan yang telah tercetak terlepas karena proses pencucian. Hasil uji kinerja elektroda menunjukkan bahwa elektroda aluminium-karbon berbasis MIP simazin sebagai sensor memiliki batas deteksi 0,02 mM, sensitif pada rentang konsentrasi 0,02-0,12 mM dengan faktor Nernst > 0,059 V/dekade serta memiliki stabilitas dan reipitabilitas yang baik.

PRAKATA

Alhamdulillah, peneliti ucapkan rasa syukur kepada Allah SWT, karena atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, penyelesaian Laporan Penelitian Hibah Bersaing (Penelitian Produk Terapan) Tahun I (2016) dapat terselesaikan.

Laporan Hibah Bersaing dengan judul "Pengembangan *Metode Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) Endosulfan dan Aplikasinya sebagai Sensor".

Pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. DRPM Jakarta yang telah membiayai penelitian ini.
2. Politeknik Negeri Sriwijaya dan P3M Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan izin dan memfasilitasi penelitian ini.
3. Laboratorium Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya dan Laboratorium Bioproses Terpadu Universitas Lampung yang telah membantu peneliti menganalisis sampel.
4. Semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada tim peneliti dalam menyelesaikan penelitian Hibah Bersaing ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Peneliti menyadari sepenuhnya atas keterbatasan ilmu maupun dari segi penulisan yang menjadikan laporan ini tak lepas dari kesalahan. Peneliti mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi yang memerlukannya.

Palembang, November 2016

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT	11
BAB IV. METODE PENELITIAN	12
BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	18
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	30

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel	
1. Optimasi waktu pembuatan MIP	19
2. Optimasi komposisi pembuatan MIP	19
3. Parameter yang didapat dari plot potensial E (volt) terhadap logaritma konsentrasi hari pertama	24
4. Parameter yang didapat dari plot potensial E (volt) terhadap logaritma Konsentrasi hari ke-empat	24

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar	
1. Skema ilustrasi proses pembuatan molecularly imprinted polymer (MIP)	7
2. Tahap pembuatan elektroda	15
3. Rangkaian alat uji kinerja elektroda	16
4. Diagram blok proses pembuatan sensor MIP	17
5. Diagram blok proses pembuatan elektroda berbasis MIP endosulfan	18
6. SEM image	19
7. Jumlah dan ukuran pori MIP endosulfan tanpa pencucian dan MIP Endosulfan dengan pencucian	21
8. Spektrum FTIR NIP dan MIP	22
9. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi Target pada elektroda aluminium-karbon pada hari pertama	23
10. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi target pada elektroda aluminium-karbon pada hari ke-empat	24
11. Grafik stabilitas elektroda hari pertama dan keempat	25
12. Grafik repetabilitas elektroda hari pertama	26
13. Grafik repetabilitas elektroda pada hari ke-empat	26

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini penggunaan sensor sudah sangat umum dijumpai dalam banyak peralatan modern. Disadari atau tidak hampir setiap hari manusia bersentuhan dengan komponen yang dinamakan sensor. Sensor merupakan suatu elemen sistem yang dapat menangkap dan memfiltrasi fenomena fisika maupun kimia, kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik baik berupa arus listrik maupun tegangan listrik. Sekarang, penggunaan sensor dalam mengenal benda asing yang terdapat pada lingkungan sekitar telah amat berkembang.

Molecular imprinting merupakan suatu metoda yang ditawarkan untuk membuat material polimer yang dapat diaplikasikan sebagai sensor untuk mengenal benda asing “target”, sensor pengenal unsur kimiawi dan biologis (Chen, 2004; Thoelen, 2008; Mazzota, 2008), seperti yang ada pada obat-obatan, makanan (Sadeghi, 2006; Liang, 2009). *Molecular Imprinting Polymer* (MIP) adalah suatu metodologi yang dikembangkan untuk menghasilkan rongga (*cavities*) dari molekul khusus yang kelakuannya meniru ikatan reseptor pada tempatnya. Satu jenis MIP tertentu dimungkinkan untuk dapat mengenali beberapa target. Setelah penumbuhan, *template* dibuang dan polimer tanpa *template* mampu mengenal kehadiran molekul *template* dengan derajat kemampuan yang tinggi (Komiyama, 2003).

Berkaitan dengan sifat sensing yang dimiliki MIP, maka polimer ini sangat mungkin untuk diaplikasikan sebagai material sensor. Beberapa penggunaan polimer sebagai pengenal dalam sensor kimia telah banyak dilakukan. Film MIP (di atas emas) telah diterapkan untuk sensor amperometrik guna mendeteksi adanya morpin, telah pula dilaporkan sensor voltametri menggunakan film MIP di atas karbon gelas untuk mengenal adanya dopamin. Pengembangan metoda transduksi sinyal lainnya juga telah disampaikan seperti sensor QCM untuk menentukan adanya ion Cu (II) dalam larutan (Yang, 2009), dan amperometri untuk mendeteksi adanya 5-aminophenol (Neto, 2011).

Endosulfan sebagai bahan berbahaya yang biasanya banyak terkandung dalam pestisida dan juga dalam lingkungan air berhasil dideteksi keberadaannya menggunakan sensor potensiometri MIP (Agustino, 2006). Mereka berhasil membuat sensor dengan waktu respon

kurang dari 10 detik dan life time lebih dari 2 bulan. Sensor potensiometrik merupakan suatu sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan yang merespon perubahan aktivitas dalam larutan uji. Belmont dan kawan-kawan (Belmont, 2007) juga telah berhasil mengukur konsentrasi endosulfan hingga 1,7 ppm menggunakan sensor MIP yang ditumbuhkan di atas substrat gelas.

Beberapa penggunaan polimer sebagai pengenal dalam biosensor telah banyak dilakukan. Kebanyakan peneliti membuat *device sensing* ini menggunakan film atau membran yang sangat tipis (Kitade, 2004; Zhou, 2005) dengan permasalahan sulitnya dalam persiapan, kemampuan reproduksibilitas kecil dan kemungkinan interferensi.

Pada penelitian ini, larutan pre-polimer merupakan campuran dari endosulfan sebagai *template*, MAA sebagai monomer, EDMA sebagai *cross-linker*, dan terakhir 2,2'-azobisisobutironitril (AIBN) sebagai inisiator. Pemilihan AIBN ini karena selain harganya murah, juga karena zat ini memiliki radikal bebas yang stabil sehingga cenderung untuk bereaksi dengan molekul monomer dengan reaktif (Stevens, 2007). Pemilihan *cross-linker* dan pelarut yang tepat, serta proses penumbuhan yang sesuai juga akan berpengaruh pada polimer yang dihasilkan.

Sifat sensing merupakan bagian penting dari polimer berbasis MIP. Sifat ini sangat bergantung pada karakteristik rongga yang dihasilkan. Rongga yang diperoleh dari proses pembuangan *template* ketika polimer telah terbentuk sebagai padatan ini akan menentukan kualitas polimer yang dihasilkan. Polimer dengan rongga yang memiliki sifat fisika-kimia dan bentuk ruang yang sama dengan *template* akan mampu mengenal target dengan baik (Komiyama, 2003). Ketika hasil pengujian sifat sensing dari partikel MIP tersebut baik, maka diindikasikan bahwa polimer ini berpotensi untuk diterapkan sebagai elektroda kerja dari sebuah sensor potensiometrik.

Keunggulan dari metoda potensiometrik ini adalah mencakup harganya murah (voltmeter dan elektroda jauh lebih murah dibanding instrumen-instrumen saintifik modern lainnya), dan pemakaiannya mudah secara luas pada banyak molekul target. Potensiometrik bersifat nondestruktif, artinya bahwa penyisipan elektroda tidak mengubah komposisi larutan uji (Day, 2002). Potensial-potensial yang stabil sering diperoleh dengan cukup cepat. Kelemahannya dalam metoda ini tidak cocok untuk sel-sel yang melibatkan hambatan-hambatan internal yang tinggi, seperti yang ditemukan dalam pengukuran dengan elektroda-

elektroda gelas. Penulis membuat lapisan MIP endosulfan selain pada bahan elektroda aluminium juga pada karbon grafit untuk diterapkan di dalam sensor potensiometrik.

Pada penelitian ini, sensor bekerja dengan cara mengukur tegangan sebagai respon adanya perubahan konsentrasi akibat aktivitas dalam larutan uji, dalam hal ini konsentrasi endosulfan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan hal yang telah disebutkan terdahulu, maka permasalahan yang ditinjau dalam penelitian ini adalah:

- Bagaimana menghasilkan polimer MIP dengan rongga yang berkualitas, yaitu memiliki jumlah yang banyak dan mampu menangkap/mengikat target dengan baik.
- Bagaimana membuat elektroda kerja (dengan lapisan MIP endosulfan) untuk rangkaian sensor potensiometrik yang memiliki sensitivitas dan reproduksibilitas yang tinggi.

1.3 Luaran Penelitian

- Diperolehnya sensor MIP untuk mendeteksi endosulfan pada air tercemar
- Diperolehnya bahan ajar untuk praktikum elektrokimia pada Laboratorium Kimia Analitik, Prodi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Dari hasil penelitian ini selanjutnya akan dipublikasikan melalui Seminar international First2016 pada tgl 18-19 Oktober 2016 dan makalah diterbitkan pada **Prosiding hasil seminar internasional FIRST2016 dan Seminar International SICEST 2016** di Bangka dan paper dipublikasikan pada **Jurnal MATEC**.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of the Art* Penelitian

Berdasarkan studi sebelumnya, pembuatan material MIP umumnya dilakukan peneliti dengan cara mengalirkan nitrogen pada larutan pre-polimer (Tehrani, 2010; Scoranno, 2011; Zeng, 2012; Balamurugana, 2012), sebelum meletakkannya ke dalam water bath pada suhu 0°C sambil disinari UV dengan waktu disesuaikan dengan material yang digunakan. Pengaliran nitrogen dimaksudkan untuk membuang molekul oksigen yang secara signifikan mengganggu proses polimerasi. Kelemahan dari pengaliran nitrogen ini secara teknis adalah sulit dilakukan ketika digunakan untuk jumlah larutan dan ukuran gelas beaker yang kecil.

Sinar UV di dalam proses pembuatan polimer akan membantu mempercepat terjadinya polimerisasi. Sinar UV ini menyebabkan insiator spontan terurai menjadi radikal bebas untuk memulai lajunya reaksi. Namun, penggunaan sinar ini memiliki kelemahan (efek negatif), yaitu adhesi pada substrat sulit dicapai dan stress pada permukaan substrat. Adhesi merupakan gaya tarik-menarik antara partikel-partikel yang tidak sejenis. Gaya ini akan mengakibatkan dua zat akan saling melekat bila dicampurkan. Penyusutan selama *curing* adalah sekitar 5-15% tergantung pada formulasi (Tafelmeimer, 2014).

2.2 Studi Pendahuluan

Peneliti telah melakukan penelitian penggunaan metode elektrokimia terhadap pembuatan elektroda untuk penentuan senyawa klorin terlarut dengan menggunakan elektroda selektif ion dengan mekanisme kerja secara elektrolisis pada katoda dan anoda (Bow, 2003), selain itu peneliti telah melakukan penelitian pendahuluan tentang senyawa fenol terlarut dengan menggunakan teknik voltametri (Bow, 2003). Selanjutnya penelitian dikembangkan dengan modifikasi potensiometer untuk menentukan kadar sianida (Bow, 2004) dan penentuan kadar sianida dengan menggunakan elektroda berlapis PVC (Bow, 2006). Pada tahun 2007, membuat elektroda komposit karbon-zeolit untuk penentuan senyawa fenol secara *adsortive stripping voltammetry* dengan memanfaatkan zeolit lokal dari daerah Muara Enim, Sumatera Selatan untuk pengukuran fenol secara in situ di perairan sungai Musi,

sedangkan pada tahun 2009 diteliti penentuan kadar fenol dengan membuat elektroda terlapis enzim.

Pada tahun 2013, telah dilakukan penelitian menggunakan metode voltametri untuk penentuan kadar klorin terlarut dan telah dipublikasikan pada prosiding hasil seminar "The 7th International Conference of Chemical Engineering on Science and Application (CHESA2013) dengan judul artikel "Modified Carbon Composite Electrode with Zeolite in Degradation of Dissolved Chlorine". Pada tahun 2014 melakukan penelitian aplikasi potensiometri untuk penentuan kadar karbon organik total dalam tanah. Sebagai lanjutan di tahun kedua dari penelitian Hibah Bersaing ini akan mengaplikasikan metode voltametri untuk penentuan logam-logam berat dalam tanah. Hasil penelitian ini telah dipublikasikan pada International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology Vol. 4 No. 2 (2014) dengan judul artikel "The Application of Potentiometric Methods in Determination Total Organic Carbon Content of Soil".

2.3 Peta Jalan Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan berkelanjutan, maka sangat diperlukan peta jalan penelitian (*roadmap*). Penelitian ini merupakan satu bagian penting dalam peta jalan penelitian yang telah dan akan dilakukan yang digambarkan sebagai berikut:

	2002-2004	2007-2008	2013	2014-2015	2016-2017
Riset awal	Pembuatan ESI untuk penentuan kadar senyawa terlarut dalam air	Pembuatan elektroda komposit karbon dan aplikasinya pada penentuan kadar fenol	Aplikasi metode voltametri untuk penentuan kadar klorin terlarut di sungai Musi	Aplikasi metode potensiometri untuk penentuan kadar karbon organik total dalam tanah	Pengembangan metoda MIP endosulfan sebagai sensor potensiometrik
Metode	Voltametri di lab	Modifikasi potensiostat	Pengukuran langsung di sungai Musi	Potensiometri dan voltametri Secara in situ	Potensiometrik dengan sensor MIP
Luaran	ESI ion fenol dan sianida	Elektrod komposit karbon dan modifikasi potensiostat	ESI ion klorin	ESI CO ₂ dan modifikasi potensiostat dan galvostat secara in situ	Sensor MIP endosulfan dan aplikasinya yang terkoneksi dengan komputer

2.4 Perkembangan Teknik *Molecularly Imprinted Polymer*

Molecularly Imprinted Polymer adalah polimer yang dibuat dengan menyiapkan rongga-rongga dari molekul khusus yang disebut analit dengan bentuk ruang sesuai dengan molekul analit yang digunakan. Rongga-rongga ini dihasilkan dari proses pencucian terhadap polimer yang terbentuk dengan menggunakan pelarut yang melarutkan molekul analit tetapi tidak melarutkan polimer. Fungsi polimer MIP ini adalah sebagai bahan aktif sensor yang akan mengenal/memiliki sifat sensing terhadap molekul analit pembentuknya atau molekul lain yang memiliki sifat fisika-kimia dan dengan bentuk ruang yang mirip dengan derajat kemampuan mengenal yang tinggi (Shimizu, 2005; Scorrano, 2011).

Sampai saat ini, metoda MIP terus dikembangkan, karena selain kemudahan dalam pembuatan polimer, juga biayanya murah. Keutamaan dari teknik molekular ini adalah sifat sensing yang dimiliki polimer, sehingga memungkinkan untuk diaplikasikan dalam banyak bidang seperti untuk mengenal adanya protein (Bossi, 2007), mengenal unsur di dalam makanan (Kubo, 2008; Liang, 2009), kromatografi (Wei, 2007), dan di bidang kesehatan, seperti digunakan sebagai sensor morphin, atropine (Vasapollo, 2011).

Di dalam mempersiapkan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP), umumnya peneliti menggunakan nitrogen untuk dialirkan ke dalam larutan pre-polimer dengan tujuan membuang oksigen yang dapat mengganggu proses polimerasi (Asanuma, 2011; Tehrani, 2010; Balamurugana, 2012; Zeng, 2012), sebelum meletakkan larutan pre-polimer tersebut ke dalam *water bath* pada suhu 0°C (selama waktu tertentu sesuai material yang digunakan) di bawah sinar UV.

Selain itu, pada umumnya inisiator yang digunakan di dalam pembuatan MIP adalah AIBN. Namun di dalam penelitian ini digunakan inisiator *benzoly peroxide* (AIBN), yang merupakan bahan peroksida bagi monomer supaya terjadi proses penumbuhan untuk membentuk radikal-radikal benzoiloksi. AIBN ini digunakan karena memiliki keuntungan, yaitu radikal benzoiloksinya cukup stabil sehingga cenderung bereaksi dengan molekul-molekul monimer dengan lebih reaktif. Di sini suhu penumbuhan harus dijaga stabil untuk menjamin berlangsungnya laju reaksi dengan baik (Stevens, 2007).

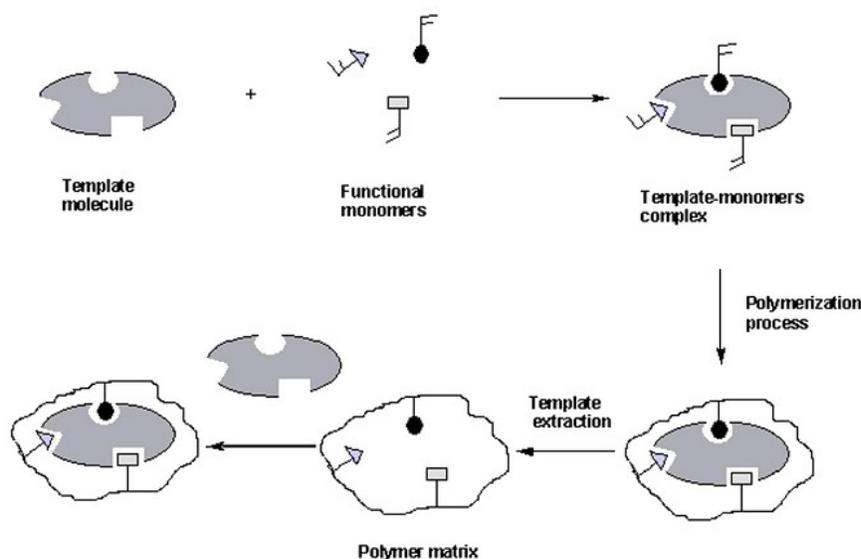
Terkait dengan penelitian terdahulu yang telah dilakukan seperti yang digambarkan di atas, maka sisi keterbaruan dari penelitian ini adalah metoda pembuatan MIP dan optimalisasi pada substrat elektroda indikator, yaitu dengan membuat MIP endosulfan pada

material *stainless steel* dengan asumsi bahwa material ini merupakan suatu penghantar yang baik sehingga akan memudahkan terjadinya migrasi dari ion-ion reaktan.

Pada penelitian ini, metoda pembuatan MIP yang digunakan menjadi sangat sederhana yaitu tanpa mengalirkan nitrogen dan penyinaran UV seperti pada umumnya dilakukan oleh peneliti lain, namun tetap menghasilkan partikel MIP yang memiliki karakteristik yang baik.

2.4.1 Proses Pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer*

Secara umum, terdapat tiga tahapan besar di dalam proses pembuatan MIP, yaitu proses polimerisasi, pembuangan template (yaitu monomer yang digunakan sebagai pencetak rongga yang ditinggalkan pada polimer), dan uji sensing.



Gambar 1. Skema ilustrasi proses pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) (Komiya, 2003)

Gambar 1 menjelaskan bagaimana mulai dari proses pencampuran monomer fungsional dan molekul template (1), kemudian dilanjutkan dengan proses penumbuhan sampai semua bahan tercampur dengan sempurna (2), dan yang terakhir adalah pembuangan template (3). Polimer MIP yang dihasilkan akan mengingat atau mengenal target yang memiliki ukuran, struktur ataupun ikatan yang serupa (pada tahapan uji sensing).

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan polimer ini adalah endosulfan sebagai template, *methacrylic acid* (MAA) sebagai monomer fungsional, *ethylene glycol dimethacrylate acid* (EDMA) sebagai *cross-linker*, AIBN sebagai inisiator, dan kloroform sebagai pelarut.

Beberapa alasan atas pemilihan bahan-bahan tersebut yaitu:

Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki lahan pertanian dan perkebunan yang cukup luas. Untuk itu kebutuhan herbisida yang berfungsi sebagai pengendali gulma pengganggu tanaman tentu banyak digunakan. Sementara endosulfan (sebagai template) merupakan bahan atau racun yang terkandung di dalam herbisida. Jika pemakaian endosulfan ini dilakukan secara sembarangan akan dapat mengganggu habitat di lingkungan sekitar. endosulfan merupakan kelompok triazin dan dua golongan amina, yang semuanya membentuk ikatan hidrogen. Jadi karena itu, *methacrylic acid* (MAA) yang merupakan gugus *carboxylic acid* dipilih sebagai monomer fungsional.

Selanjutnya, supaya tercapai imprinting yang efektif, fungsional residu (turunan dari monomer fungsional) seharusnya secara seragam didistribusikan dalam jaringan polimer . situasi ini disesuaikan dengan pemilihan *cross-linker* yang mirip monomer fungsional (sebaliknya, salah satu dari monomer fungsional atau *cross-linker* yang ditumbuhkan mendominasi terhadap yang lainnya). Di sini, EDMA dipilih karena struktur kimia dari agen *cross-linker* ini mirip MAA). Dalam campuran reaksi, MAA dan EDMA dikopolimerisasi hampir secara acak, seperti yang diinginkan, menghasilkan distribusi seragam yang dibutuhkan dari *carboxylic acid group* (gugus asam karboksilat).

Di dalam pembuatan MIP ini, satu hal penting supaya imprinting non-kovalen berhasil adalah menaikkan pembentukan campuran reaksi non-kovalen (ikatan hidrogen). Jumlah pelarut harus disesuaikan dengan monomer fungsional dan template yang digunakan. Di sini, kloroform adalah pelarut yang paling baik. Pelarut ini sepenuhnya melarutkan semua komponen reaksi tanpa mengganggu ikatan hidrogen antara endosulfan dan MAA.

2.4.2 Sensor

Sensor merupakan elemen sistem yang dapat menangkap atau memfiltrasi fenomena fisika maupun kimia, kemudian diubah menjadi sinyal listrik baik berupa arus listrik maupun tegangan listrik. Berdasarkan variabel yang di-sensing, sensor dibagi dalam dua jenis, yaitu sensor fisika dan sensor kimia. Sensor fisika merupakan suatu jenis sensor yang mendeteksi suatu besaran fisika, seperti sensor cahaya, kecepatan, gaya, suhu, dan banyak lagi lainnya. Sementara yang dimaksud sensor kimia adalah sensor yang mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan jalan merubah besaran kimia menjadi besaran listrik, contoh sensor kimia adalah sensor pH, sensor gas, sensor oksigen, biosensor.

2.4.3 Karakteristik Sensor Elektrokimia

Sensor elektrokimia dapat digambarkan menggunakan kriteria dan karakteristik umum untuk semua sensor, seperti: selektivitas, sensitivitas, reproduksibilitas, linieritas, saturasi, waktu respon dan jangkauan. Karena sensor kimia digunakan untuk identifikasi dan perhitungan, maka mereka membutuhkan selektivitas dan sensitivitas untuk spesies target yang diinginkan dalam campuran bahan kimia.

Selektivitas menggambarkan derajat dimana respon sensor hanya pada spesies terget yang diinginkan, dengan sedikit atau tanpa gangguan dari spesies non-target. **Sensitivitas** menunjukkan berapa banyak keluaran dari suatu sistem instrumen berubah ketika besaran yang sedang diukur berubah pada suatu nilai yang ditetapkan. **Reproduksibilitas** digunakan untuk menggambarkan kemampuan sebuah sistem dalam menghasilkan keluaran yang sama ketika diberi masukan konstan dengan sistem atau elemen-elemen sistem diputus dari masukannya dan kemudia dipasang kembali. **Jangkauan** variabel dari sebuah sistem adalah batas-batas di mana nilai masukan dapat berubah-ubah, sedang **waktu respon** mengidentifikasi bahwa waktu yang ditempuh setelah masukan yang diberikan pada suatu sistem atau elemen bertambah dari nol hingga suatu nilai konstan pada titik di mana sistem/elemen memberikan keluaran yang sesuai dengan persentase tertentu. Catatan bahwa untuk sensor kimia, sensitif adalah sinonim dari resolusi.

2.4.4 Sensor Potensiometrik

Sensor potensiometrik biasanya dipergunakan untuk mengukur potensial dari sel-sel galvanik. Potensial dari sel galvanik tergantung pada aktivitas dari berbagai spesies yang menjalani reaksi di dalam sel tersebut. Persamaan yang menyatakan hubungan ini disebut persamaan Nernst, mengikuti nama seorang ahli kimia fisika, Nernst. Persamaan ini digunakan pertama kali untuk menyatakan hubungan antara potensial dari sebuah elektroda ion metal-metal dan konsentrasi dari ion dalam sebuah larutan.

2.4.5 Uji Sifat Sensing Material *Molecularly Imprinted Polymer*

Keberhasilan suatu proses penumbuhan dari material MIP dapat dilakukan dengan cara menguji apakah MIP yang dibuat dapat mengenal target yang mempunyai sifat dan struktur yang sama dengan template yang digunakan. Salah satu teknik pengujian ini adalah menggunakan *high-performance liquid chromatography* (HPLC). Di sini partikel polimer diinkubasi dengan larutan dalam waktu yang cukup lama sampai kondisi setimbang. Lalu sisa

polimer dibuang dengan cara disentrifug. Konsentrasi target dalam fase cairan (C) ditentukan dengan HPLC. Target yang dipilih dianalisa dengan membandingkan angka ini dengan sejumlah target yang terikat dengan sejumlah target yang terikat per unit berat polimer.

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan optimasi dalam proses pembuangan template, sehingga rongga yang dihasilkan dapat merespon molekul target dengan baik.
2. Mendesain dan membuat suatu sensor potensiometrik yang memiliki waktu respon yang pendek serta selektivitas dan reproduksibilitas yang tinggi berdasarkan *Molecularly Imprinted Polymer (MIP)* untuk mendeteksi endosulfan.
3. Mengaplikasikan sensor MIP endosulfan pada air tercemar pestisida untuk mendeteksi endosulfan yang terlarut.

3.2 Manfaat Penelitian

1. Membantu pemerintah dalam mengontrol jumlah residu pestisida pada lingkungan.
2. Dapat melakukan pengukuran residu pestisida secara cepat dan terpadu
3. Pengembangan sensor potensiometrik berbasis *Molecularly Imprinted Polymer (MIP)* dalam monitoring lingkungan.

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang dan Lab. Bioproses Terpadu Universitas Lampung

Rincian pelaksanaan penelitian seperti tertera pada Tabel berikut ini:

Tabel 1 Rencana Kerja Penelitian

No.	Rencana Penelitian	Kegiatan
1.	Tahun I	Pembuatan polimer MIP, sensor MIP endosulfan Mengkarakterisasi polimer MIP dan sensor MIP endosulfan yang dibuat dan menentukan rentang pengukuran dan limit deteksi
2.	Tahun II	Mengaplikasikan sensor MIP endosulfan yang dibuat untuk mendeteksi air yang tercemar pestisida yang mengandung endosulfan yang terkoneksi dengan komputer

4.2 Bahan dan Alat yang Digunakan

1. Bahan dan Alat Pembuatan Sensor

a. Bahan Pembuatan Sensor

1. MAA (*Methacrylic Acid*)
2. EDMA (*Ethylene glycol Methacrylic Acid*)
3. BPO (*Benzoyl Peroxide*)
4. *Chloroform*
5. *Endosulfan*
6. *Acetonitrile*
7. Metanol
8. *Acetic Acid*
9. Aquabides
10. Air

b. Alat Pembuatan Sensor

1. Botol kaca : 4 buah
2. Spatula : 2 buah
3. *Magnetic stirer* : 1 buah

4. <i>Hot plate</i>	: 1	buah
5. Gelas Kimia 50 ml	: 1	buah
6. Pipet ukur @1, 5, 10 ml	: 1	buah
7. Neraca analitik	: 1	buah
8. Tabung reaksi	: 12	buah
9. <i>Oven</i>	: 1	buah
10. <i>Refrigerator</i>	: 1	buah

2. Bahan dan Alat Pembuatan Elektroda

a. Bahan Pembuatan Elektroda

1. Kloroform
2. MIP

b. Alat Pembuatan Elektroda

1. Kawat aluminium
2. Batang karbon
3. Kabel
4. Multimeter
5. Amplas
6. Resin
7. Pipa
8. Penutup sensor

4.3 Perlakuan dan Analisis Statistik Sederhana

Variabel Penelitian

1. Variabel percobaan yang divariasikan pada penelitian ini adalah :
Konsentrasi sampel
2. Variabel percobaan yang konstan pada penelitian ini adalah :
Kawat penghantar pada Elektroda

4.4 Pengamatan

Penelitian ini dilakukan dengan membuat sensor yang berbasis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) untuk digunakan sebagai sensor yang akan selektif terhadap molekul endosulfan. Proses pembuatan polimer ada dua macam yaitu Non Imprinted Polymer dan *Molecularly Imprinted Polymer* yang dilanjutkan dengan pembuangan *template* pada MIP. Selanjutnya dikarakterisasi fisik menggunakan SEM untuk melihat perbandingan ukuran pori sebelum dan sesudah pencucian sedangkan karakterisasi kimia menggunakan *Fourier*

Transofrm Infra-Red (FT-IR) untuk melihat gugus fungsi yang mengindikasikan adanya kandungan endosulfan dalam MIP tersebut.

Uji kimerja elektroda diawali dengan menyiapkan larutan standar endosulfan dalam berbagai konsentrasi yang kemudian diukur secara potensiometri untuk dilakukan pembacaan potensial yang terbaca pada *display*. Untuk menganalisa residu herbisida endosulfan pada lingkungan maka dibuat larutan artifisial yang selanjtnya dilakukan pengujian berupa potensial yang terbaca, waku pengukuran, faktor nernst, keterulangan dan sensitivitas.

4.5 Prosedur Percobaan

4.5.1 Proses Pembuatan MIP

a. NIP/*Non Imprinted Polymer*

1. 0,3 mL *methacrylic acid* (MAA), 0,525 mL *ethylene glycol dimethacrylate acid* (EDMA), 0,07 gram *Benzoyl Peroxide* (BPO) ditambahkan pada 2,01 ml *chloroform* secara berurutan untuk membuat *pre-polymer solution*.
2. *Pre-polymers solution* dituang kedalam botol lalu disegel dan disiiimpan kedalam lemari pendingin pada suhu -5°C selama 60 menit.
3. Botol tersebut diletakkan kedalam oven pada suhu 70°C selama 150 menit. Setelah proses pemanasan selesai, polimer padat diperoleh dalam campuran.

b. MIP/*Molecularly Imprinted Polymer*

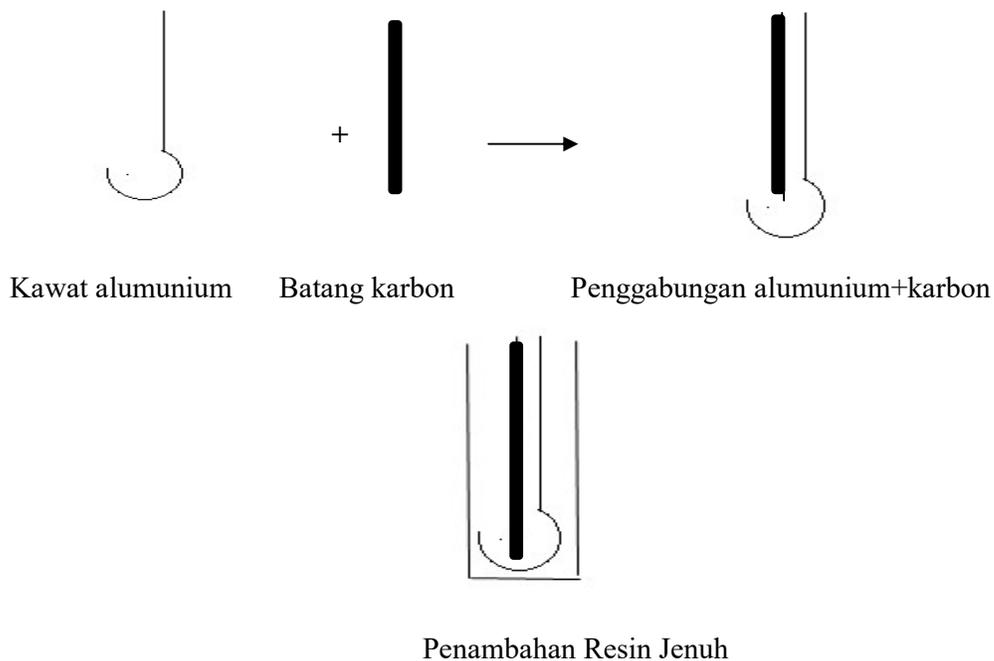
1. Pembuatan polimer dilakukan dengan cara yang sama seperti pembuatan NIP ditambah dengan prosedur *endosulfane* yang dilarutkan sebagai template sebanyak 0,025 gram kedalam pelarut *chloroform* 2,01 mL lalu larutan tersebut di-*stirrer* selama 15 menit.
2. Disiapkan (*Non-imprinted Polymer/NIP*) untuk dibandingkan dengan MIP.

c. Pembuangan Template

1. Dilakukan proses sedimentasi MIP selama 24 jam dalam 8,5 mL *acetonitrile*.
2. MIP dicuci dengan metanol/*acetic acid* (0,625 mL/12,5 mL) selama 1 jam lalu dibuang
3. MIP dicuci lagi dengan metanol/*aquabides* (6,375 mL/12,5 mL) selama 1 jam lalu dibuang
4. MIP dicuci pada tahap akhir dengan 3 mL metanol selama 1 jam, 20 jam, 1 jam berturut-turut.

4.5.2 Proses Pembuatan Elektroda

1. Batang elektroda disiapkan berupa kawat aluminium sepanjang 14 cm dan batang karbon sepanjang 12 cm.
2. Kawat aluminium dibuat setengah lingkaran pada ujungnya.
3. Batang karbon ditempatkan dibagian kawat yang setengah lingkaran tersebut.
4. Untuk membuat *fixed* kawat aluminium dan batang karbon ditambahkan resin jenuh.
5. Bagian ujung permukaan resin yang telah mengering diampelas sehingga permukaan kawat kawat aluminium dan batang karbon terlihat.



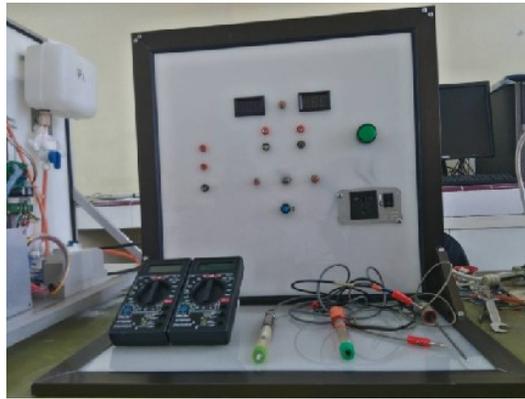
Gambar 2. Tahap pembuatan elektroda

4.5.3 Proses Penempelan MIP pada Permukaan Elektroda

1. Permukaan elektroda diampelas dengan menggunakan amplas ukuran sedang.
2. Disiapkan MIP Endosulfan yan telah dibuat sebelumnya.
3. Pada permukaan elektroda yang telah diberi MIP Endosulfan diberi larutan kloroform sebanyak 1 tetes.
4. Kemudian dikeringkan pada kondisi suhu ruang.
5. Elektroda yang dilapisi MIP Endosulfan siap digunakan.

4.5.4 Pengukuran Menggunakan Elektroda MIP dengan Metode Potensiometri

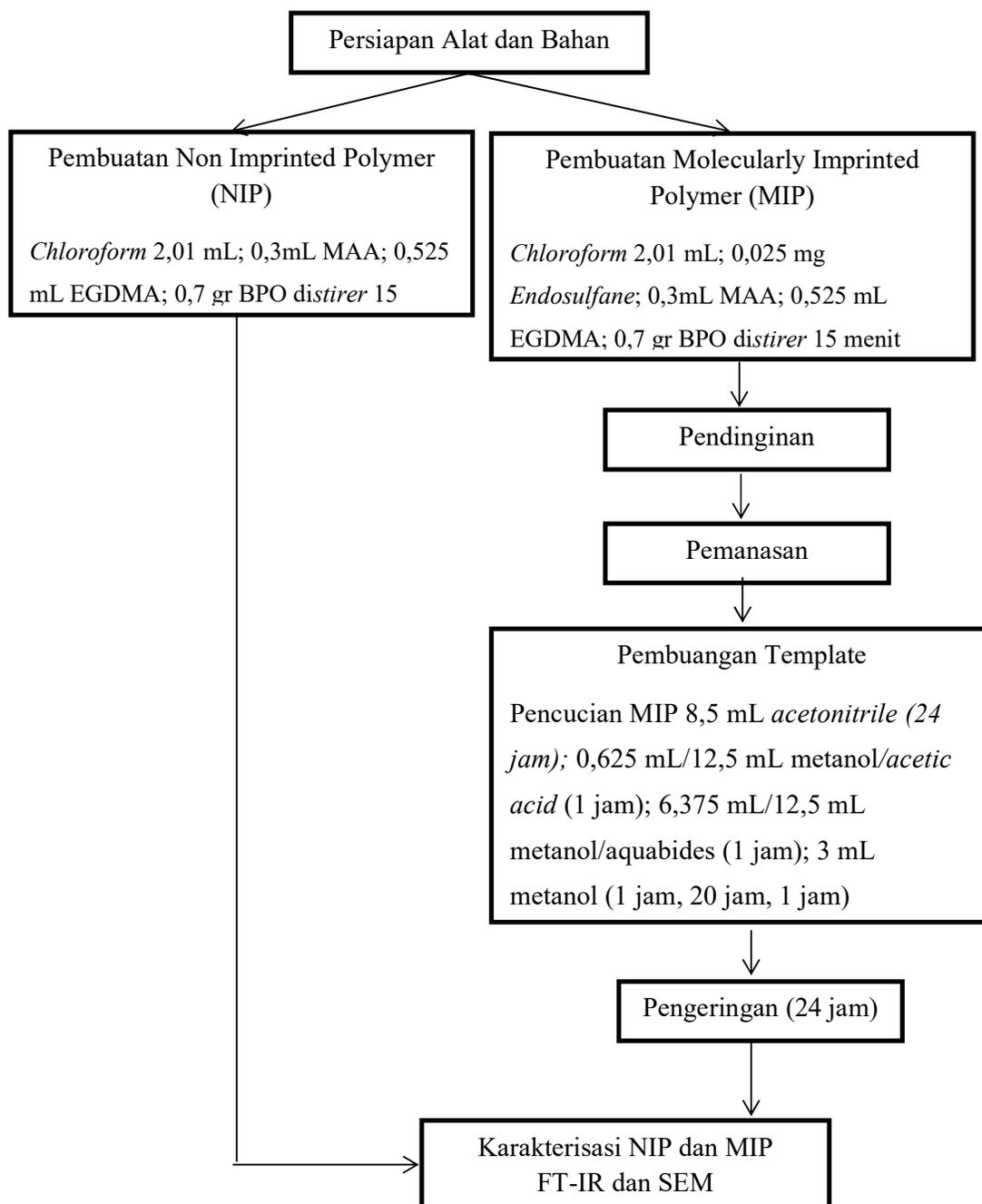
1. Dsiapkan peralatan potensiometer
2. Dsiapkan elektroda MIP
3. Elektroda dipasang pada panel potensiometer
4. Dsiapkan larutan standar berupa endosulfan dengan konsentrasi 0,02-0,58 mM
5. Dilakukan pengukuran untuk masing-masing standar.
6. Dilakukan pengukuran setelah empat hari pengukuran pertama



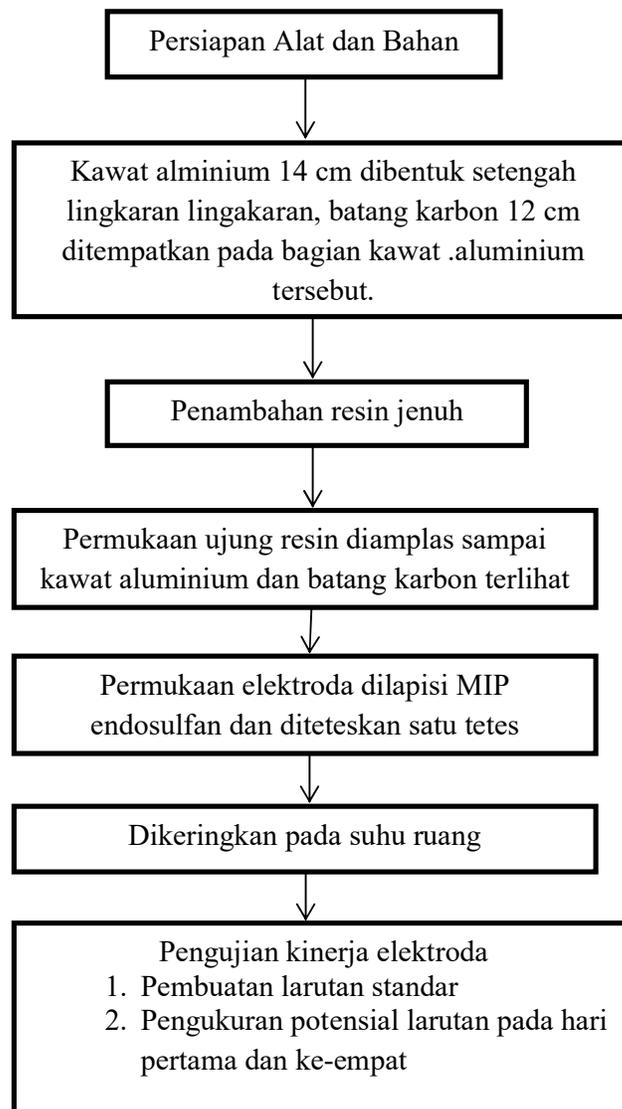
Gambar 3. Rangkaian alat uji kinerja elektroda

4.6 Diagram Proses

Diagram Proses Pembuatan MIP



Gambar 4. Diagram blok proses pembuatan sensor MIP

Diagram Proses Pembuatan Elektroda Berbasis MIP Endosulfan

Gambar 5. Diagram blok proses pembuatan elektroda berbasis MIP endosulfan

BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Hasil

5.1.1 Pembuatan MIP endosulfan

Berdasarkan percobaan pembuatan MIP endosulfan diperoleh data kondisi optimum pembuatan MIP yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Optimasi waktu pembuatan MIP

Sampel	Waktu Pembuatan	Kondisi Fisik MIP
1	30	Padatan putih
2	90	Cairan bening
3	120	Cairan bening
4	150	Padatan bening

Tabel 2. Optimasi komposisi pembuatan MIP

Sampel	Komposisi	Kondisi Fisik MIP
1	2,01 ml chloroform; 0,3 mL MAA; 0,525 mL EDMA; BPO 0,07 gram; 0,025 gr endosulfan	Padatan putih
2	6,02 ml chloroform; 0,9 mL MAA; 1,575 mL EDMA; 0,07 gram BPO; 0,025 endosulfan.	Padatan bening

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kondisi Optimum Pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer*

Pembuatan MIP dilakukan dengan mencampurkan semua bahan secara berurutan dan dilakukan pengadukan. Pada campuran awal *methacrylic acid* memiliki perbandingan mol yang lebih besar dibandingkan dengan endosulfan, dengan tujuan agar ketika direaksikan, maka akan terbentuk cetakan endosulfan yang dikelilingi oleh *methacrylic acid* (Sari dkk., 2015).

Proses polimerisasi dianggap selesai apabila cairan bening yang dipanaskan pada suhu 70⁰C berubah menjadi padatan bening *acrylic* seperti warna *methacrylic acid* (MAA) yang menempel pada *vial*. MIP yang telah dihasilkan ini kemudian digerus sampai dihasilkan serbuk MIP yang halus. Selanjutnya dilakukan pencucian untuk menghilangkan sisa-sisa reaktan pada proses polimerisasi dan menghilangkan template endosulfan.

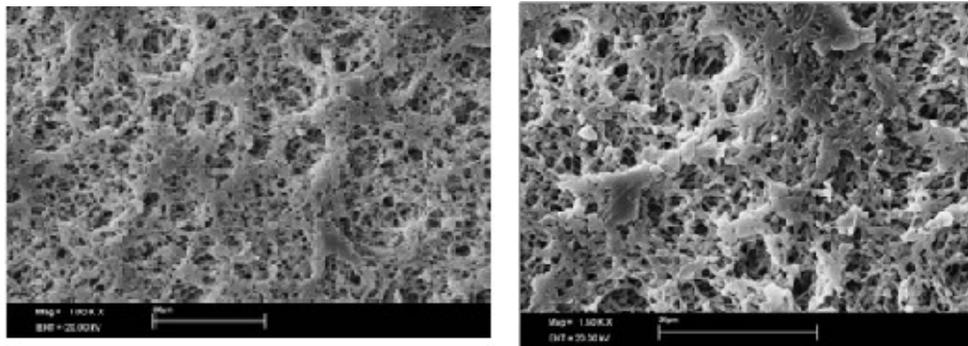
Pembuatan MIP dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu pembuatan komposisi pembuatan MIP, serta pengadukan. Berdasarkan data kondisi optimum pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa waktu optimum pembuatan MIP adalah 150 menit. Pembuatan MIP

membutuhkan pengadukan yang stabil agar MIP berhasil dibuat. Pengadukan yang tidak stabil akan menyebabkan ikatan antar molekul menjadi renggang yang menyebabkan kegagalan. Selain itu, komposisi juga mempengaruhi keberhasilan pembuatan MIP. Berdasarkan percobaan, komposisi yang memenuhi untuk keberhasilan MIP adalah dengan melipatgandakan masing-masing bahan menjadi tiga kali semula kecuali endosulfan dan BPO. Pada penjelasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa jumlah mol MAA dan EGDMA dibuat berlebih agar terbentuk cetakan endosulfan yang dikelilingi oleh bahan tersebut. BPO tetap pada komposisi awal karena BPO bertindak sebagai inisiator atau bisa dikatakan sebagai katalis sehingga hanya digunakan dalam jumlah yang sedikit.

5.2.2 Karakterisasi MIP

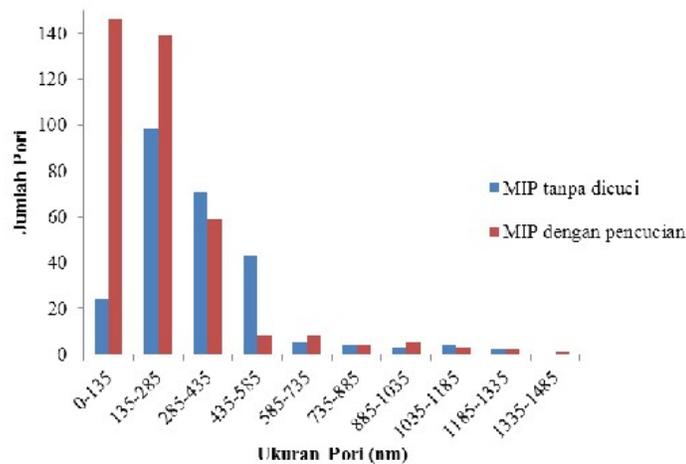
a. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Karakterisasi morfologi MIP dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Elektron Microscopy (SEM)*. Dengan dilakukan pengujian ini akan terlihat jumlah serta ukuran pori dari elektroda. Pengujian dengan alat ini dilakukan di Laboratorium Biomassa Terpadu Universitas Lampung. Karakteristik permukaan polimer dapat di lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. SEM image

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa permukaan MIP dengan pencucian tampak lebih bersih dibandingkan MIP tanpa pencucian. Permukaan MIP tersebut kemudian dianalisa jumlah serta ukuran porinya dengan menggunakan program PoreDiz pada perangkat lunak MatLab 2013. Hasil perhitungan jumlah serta ukuran dapat dilihat pada Gambar 8.



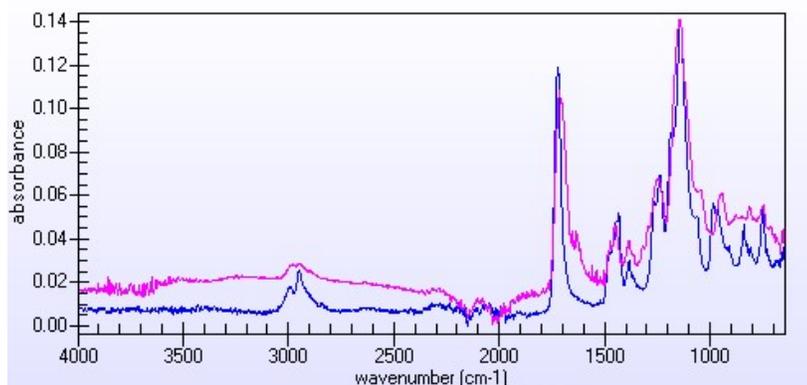
Gambar 7. Jumlah dan ukuran pori MIP endosulfan tanpa pencucian dan MIP endosulfan dengan pencucian

Gambar 7 menunjukkan bahwa jumlah pori MIP endosulfan dengan pencucian lebih banyak dibandingkan dengan MIP endosulfan tanpa pencucian. Ukuran pori 0-285 nm merupakan ukuran pori yang dominan. Terdapat perbedaan yang signifikan antara MIP tanpa pencucian dan MIP dengan pencucian pada rentang pori tersebut. Jumlah pori pada rentang 0-135 nm dengan pencucian berjumlah 146 pori sedangkan tanpa pencucian 24 pori. Begitu juga pada rentang pori 135-285 nm dimana jumlah pori dengan pencucian berjumlah 139 pori sedangkan tanpa pencucian 98 pori. MIP endosulfan dengan pencucian memiliki jumlah pori yang lebih banyak karena dengan pencucian template endosulfan yang telah tercetak terlepas karena proses pencucian.

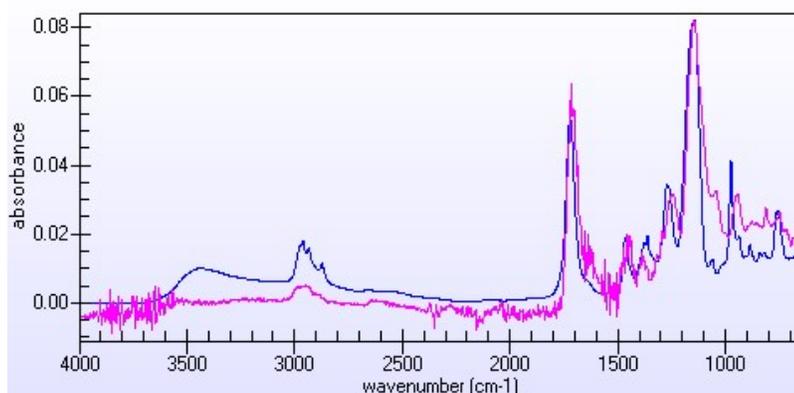
Proses pencucian dilakukan berulang kali agar dihasilkan MIP yang benar-benar bersih dari template endosulfan seperti Gambar 9. Hasil pencucian ini akan menghasilkan rongga endosulfan yang spesifik. Pencucian berulang ini sangat berguna ketika elektroda MIP diaplikasikan pada elektroda. Prinsip kerja elektroda MIP hampir sama dengan teori *lock and key* pada enzim dan substrat, hanya molekul endosulfan yang dapat mengisi rongga yang dihasilkan dari proses pencucian berulang.

b. FT-IR (*Fourier Transform Infra-Red*)

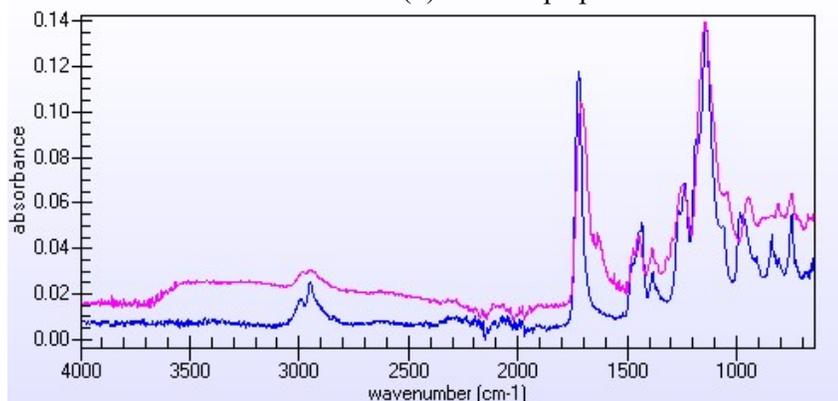
Karakterisasi dilakukan menggunakan FT-IR *portable*. Hasil analisa sampel akan langsung dicocokkan dengan spektrum zat yang terdapat pada komputer (pembanding). Hasil analisa alat menunjukkan bahwa senyawa yang terbentuk adalah *Poly(methyl methacrylate)*. Poly menunjukkan bahwa senyawa yang dianalisa merupakan polimer sedangkan monomernya berupa *methacrylate* yang di dapat dari MAA.



(a)NIP



(b) MIP tanpa pencucian



(c) MIP dengan pencucian

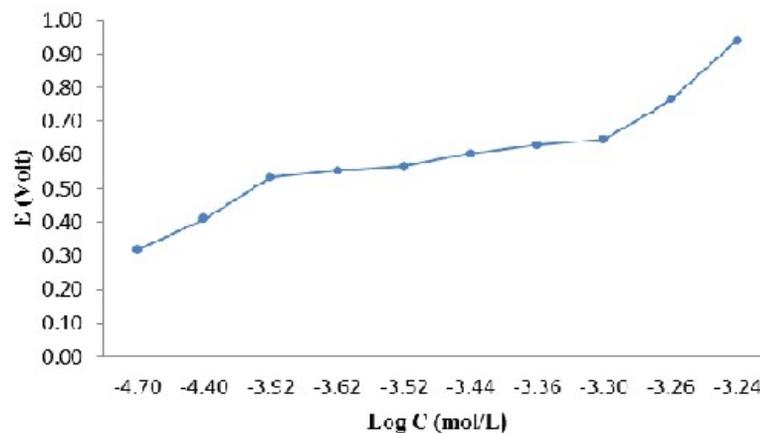
Gambar 8. Spektrum FT-IR NIP dan MIP

Dari Gambar (a) terlihat bahwa pada antara panjang gelombang 3400-3500 cm^{-1} tidak terdapat *peak*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat gugus amina pada NIP. NIP merupakan polimer yang tidak terdapat template endosulfan. Gambar 20 (b) dan (c) menunjukkan adanya *peak* pada rentang panjang gelombang 3400-3500 cm^{-1} . *Peak* ini menunjukkan bahwa terdapat gugus amina N-H pada sampel MIP tanpa pencucian dan MIP dengan pencucian. Gugus amina didapatkan dari template endosulfan. Pada rentang panjang gelombang 1600-1800 cm^{-1} terdapat *peak* pada ketiga spektrum yang menunjukkan adanya gugus asam karboksilat C=O. *Peak* ini pada ketiga spektrum menunjukkan bahwa polimer terbentuk dari monomer MAA dengan gugus asam karboksilat dan juga EGDMA sebagai *cross-linker* dengan gugus asam karboksilat.

5.2.3 Uji Kinerja Elektroda

a. Sensitivitas (*Slope*)

Setelah dilakukan pengujian terhadap kinerja elektroda dengan mengukur tegangan (volt) pada larutan standar dengan beragam konsentrasi maka dapat ditentukan persamaan linearitas serta faktor nernst. Dari Tabel 2 dapat diplot grafik antara potensial terhadap konsentrasi target.



Gambar 9. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi target pada elektroda aluminium-karbon pada hari pertama

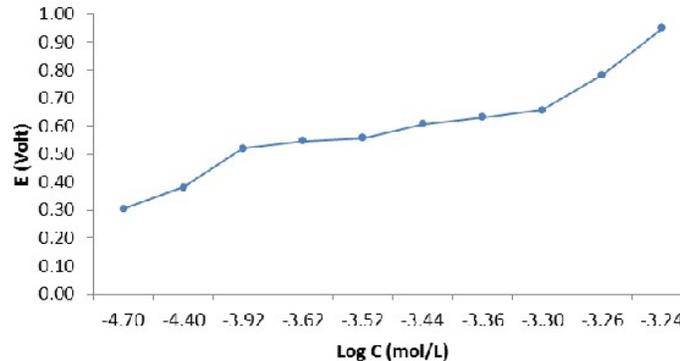
Gambar 9 menunjukkan bahwa kemiringan fungsi E terhadap log konsentrasi meningkat dengan bertambahnya nilai konsentrasi target. Dari grafik tersebut maka akan di dapat persamaan linear dengan tiga rentang konsentrasi. Berdasarkan hasil regresi linier pada grafik potensial E (volt) terhadap logaritma konsentrasi diperoleh nilai parameter berupa:

Tabel 3. Parameter yang didapat dari plot potensial E (Volt) terhadap logaritma konsentrasi hari pertama

Substrat Elektroda	Rentang Konsentrasi	$E = K + N \text{ (slope) Log C}$	z	R^2
Aluminium-karbon	0,02 - 0,12	$1,5838 + 0,2682 \log C$	0,21626	$R^2 = 0,9977$
	0,24 - 0,44	$1,6656 + 0,3093 \log C$	0,18752	$R^2 = 0,9841$
	0,5 - 0,58	$14,763 + 4,2808 \log C$	0,01355	$R^2 = 0,912$

Dari pengukuran yang telah dilakukan pada rentang konsentrasi 0,02-0,58 mM diperoleh tiga slope N dengan nilai 0,2682 pada rentang konsentrasi 0,02-0,12 mM, 0,3093 pada rentang konsentrasi 0,24-0,44 mM, dan 4,2808 pada rentang konsentrasi 0,50-0,58 mM. Elektroda ini memiliki sensitivitas yang baik pada rentang konsentrasi 0,02-0,12 mM yang ditunjukkan dengan nilai linieritas mendekati 1, $R^2=0,9977$.

Dari Tabel 2 dapat diplot grafik antara potensial terhadap konsentrasi target.



Gambar 10. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi target pada elektroda aluminium-karbon pada hari ke-empat

Berdasarkan hasil regresi linier pada grafik potensial E (volt) terhadap logaritma konsentrasi diperoleh nilai parameter berupa:

Tabel 4. Parameter yang didapat dari plot potensial E (Volt) terhadap logaritma konsentrasi hari ke-empat

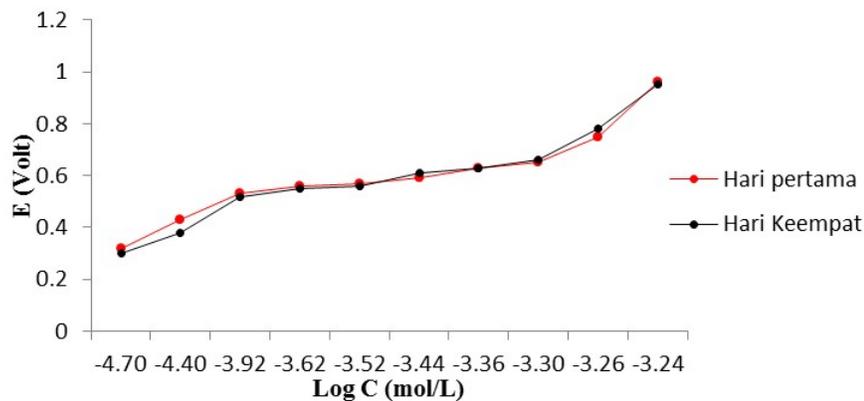
Substrat Elektroda	Rentang Konsentrasi	$E = K + N \text{ (slope) Log C}$	z	R^2
Aluminium-karbon	0,02 - 0,12	$1,631 + 0,2837 \log C$	0,20444	$R^2 = 0,9993$
	0,24 - 0,44	$1,7386 + 0,3302 \log C$	0,17565	$R^2 = 0,9213$
	0,5 - 0,58	$14,87 + 4,3094 \log C$	0,01346	$R^2 = 0,933$

Dari pengukuran yang telah dilakukan hari ke-empat pada rentang konsentrasi 0,02-0,58 mM diperoleh tiga slope N dengan nilai 0,2837 pada rentang konsentrasi 0,02-0,12 mM,

0,3302 pada rentang konsentrasi 0,24-0,44 mM, dan 4,3094 pada rentang konsentrasi 0,50-0,58 mM. Pengukuran pada hari ke-empat juga menunjukkan elektroda memiliki sensitivitas yang baik pada rentang konsentrasi 0,02-0,12 mM dengan linearitas $R^2=0,9993$. Suatu potensiometri dikatakan telah memenuhi persamaan Nernst apabila faktor Nernstnya $0,059/z$ (Cattral, 1997) atau 0,059 V/dekade.

b. Stabilitas

Untuk mengetahui stabilitas elektroda maka dilakukan pengukuran kembali setelah empat hari pengukuran pertama. Data pengukuran dapat diplot grafik yang ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik stabilitas elektroda hari pertama dan ke-empat

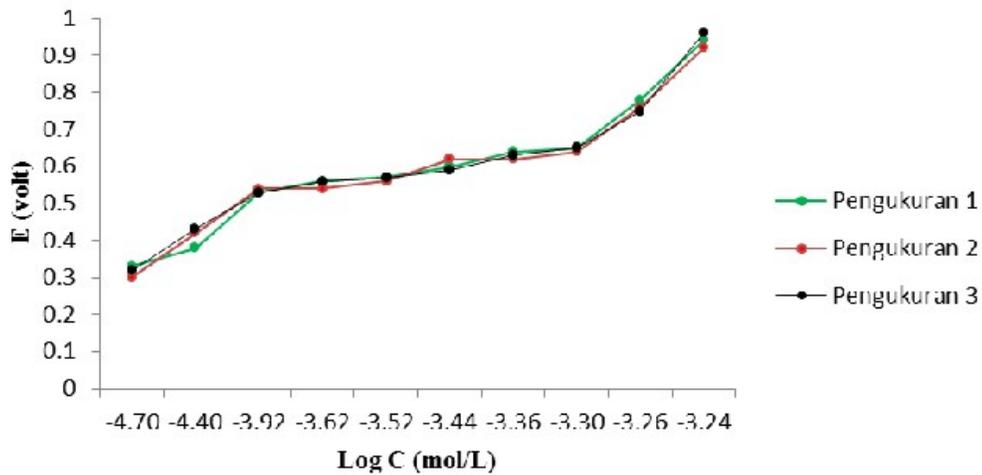
Dari Gambar 11 grafik pengukuran hari pertama dan ke-empat berhimpitan yang menunjukkan bahwa elektroda ini memiliki stabilitas yang baik.

c. Limit Deteksi

Batas deteksi menunjukkan konsentrasi terendah dari ion analit yang masih dapat direspon oleh elektroda sebagai batas pengukuran terendah. Berdasarkan percobaan, limit deteksi dari elektroda Aluminium-Karbon adalah 0,02 mM. Elektroda mampu merespon baik sampai batas minimum konsentrasi endosulfan 0,02 mM.

d. Repitabilitas

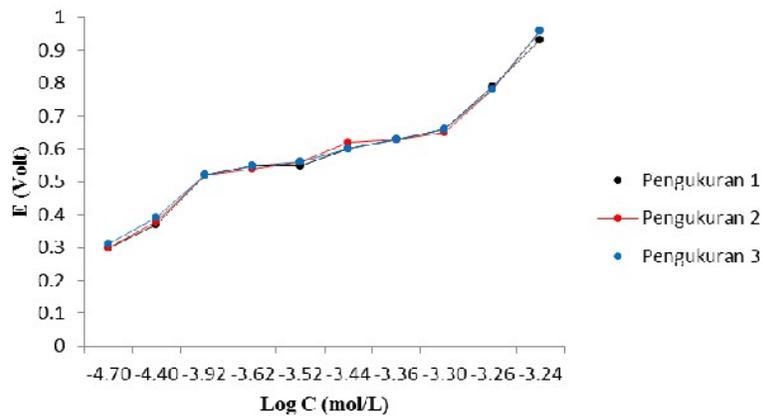
Elektroda yang baik memiliki ripitabilitas atau keterulangan yang baik. Data pengukuran menunjukkan ripitabilitas elektroda yang ditampilkan pada Gambar 14.



Gambar 12. Grafik ripitabilitas elektroda hari pertama

Dari Gambar 12. terlihat bahwa tiga grafik berhimpitan. Grafik ini menunjukkan bahwa baik pengukuran 1, 2, dan 3 pada hari pertama memiliki nilai pengukuran yang identik. Berdasarkan ketiga pengukuran tersebut dapat dikatakan bahwa elektroda memiliki ripitabilitas yang baik.

Ripitabilitas yang baik juga ditunjukkan elektroda ketika dilakukan pengukuran pada hari ke-empat seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik ripitabilitas elektroda hari ke-empat

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan elektroda berbasis MIP sebagai sensor dan pengujian kinerja elektroda yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) endosulfan yaitu pada waktu pemanasan 150 menit dengan komposisi 6,02 ml chloroform; 0,9 mL MAA; 1,575 mL EDMA; 0,07 gram BPO; 0,025 endosulfan.
2. Berdasarkan karakterisasi MIP menggunakan SEM, disimpulkan bahwa pada rentang ukuran pori 0-285 nm terdapat perbedaan yang signifikan mengenai jumlah pori MIP endosulfan tanpa dan dengan pencucian. Karakterisasi MIP menggunakan FT-IR menunjukkan bahwa MIP yang dihasilkan bernama *Poly(methyl methacrylate)* serta terdapat gugus amina (N-H) pada MIP yang berasal dari template endosulfan dan gugus asam karboksilat (C=O) yang berasal dari monomer MAA dan *cross-linker* EGDMA.
3. Hasil uji kinerja elektroda berbasis MIP endosulfan sebagai sensor menunjukkan bahwa elektroda memiliki sensitivitas yang baik pada rentang konsentrasi 0,02-0,12 mM dengan nilai linearitas (R^2) lebih dari 0,98. Elektroda ini juga memiliki nilai keterulangan dan stabilitas yang baik serta mampu mengukur konsentrasi endosulfan sampai konsentrasi 0,02 mM. Hasil pengukuran menunjukkan respon potensial sel tidak Nernstian tetapi *upper* Nernstian.

6.1 Saran

Dari hasil pembuatan elektroda ini, maka penulis memberikan saran agar dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi komposisi MIP sehingga didapatkan kondisi optimum pembuatan MIP untuk mengurangi resiko kegagalan pembuatan MIP. Selain itu, penulis menyarankan agar dilakukan pembuatan elektroda berbasis MIP endosulfan dengan variasi katoda dan anoda untuk mendapatkan elektroda yang memiliki rentang pengukuran yang berbeda dengan rentang pengukuran pada elektroda aluminium-karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Asanuma, H., Akiyama, T., Kajiya, K., Hishiya, dan Komiyama. 2001. *Molecular Imprinting of Cyclodextrin in Water for the Recognition of Nanometer-scaled Guests*. *Analytica Chimica Acta*. 435. 25-33.
- Balamurgana, K., Gokulakrishnan, K., dan Prakasama. 2012. *Preparation and Evaluation of Molecularly Imprinted Polymer Liquid Chromatography Column for the Separation of Chathine Enantiomers*. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 20(1). 53-61.
- Belmont, A.S., Jaeger, S., Knopp, D., Niessner, R., Gauglitz, G., dan Haupt, K. 2007. *Molecularly Imprinted Polymer Films for Reflectometric Interference Spectroscopic Sensors*. *Biosensors and Bioelectronics*. 22. 3267-3272.
- Bossi, A., Bonini, F., Turner, A.P.F., dan Piletsky, S.A. 2007. *Molecularly Imprinted Polymers for the Recognition of proteins:the State of the Art*, *Biosensors and Bioelectronics*. 22(6). 1131-1136.
- Bow, Yohandri. 2003. *Pembuatan Elektroda Selektif Ion untuk Pengukuran Kadar Fenol*. Pusat Pendidikan dan Pengembangan Politeknik. Bandung.
- Bow, Yohandri. 2004. *Modifikasi Potensiometer dan Pembuatan Sensor Bermembran Polivinylchlorida (PVC) untuk Penentuan Kadar Sianida Terlarut dengan Teknik Elektrometri*. Program TPSDP Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Bow, Yohandri. 2006. *Pembuatan Elektroda dan Potensiometer Polivinil klorida (PVC) untuk Penentuan Kadar Sianida dengan Teknik Elektrometri*. Prosiding research Grant I, TPSDP.
- Bow, Yohandri. 2013. *Modified Carbon Composite Electrode with Zeolite in Degradation of Dissolved Chlorine. Proceeding The 7th International Conference of Chemical Engineering on Science and Application (CHESA2013)*.
- Bow, Yohandri. 2014. *The Application of Potentiometric Methods in Determination Total Organic Carbon Content of Soil*. *Int. Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* Vol. 4 No. 2.
- Chen, Y.C., Brazier, J.J., Yan, M., Bargo, P.R., dan Prahl, S.A. 2004. *Fluorencence-Based Optical Sensor Design for Molecularly Imprinted Polymers*, *Sensors and Actuators*. *Chemical*. 102.107-116.
- Kitade, T., Kitargetra, K., Konishi, T., Takegami, S., Okune, T., Ishikawa, M., Wakabavashi, K., dan Muramatsu, Y. 2004. *Potensiometric Immunosensor Using Artificial Antibody Based on Molecularly Imprinted polymers*. *Analytical Chemistry*. 76. 6802-6807.
- Komiyama, M., Takeuchi, T., Mukawa dan Asanuma. 2003. *Molecular Imprinting from Fundamentals to Applications*. German. Wiley-VCH. Pp. 65-73.
- Kubo, L., Shoji, R., dan Suzuki, H. 2008. *Atrazin Sensing Chip Based on Molecularly Imprinted Polymer Layer*. *Electrochemistry*. 76. 541-544.
- Liang, R., Zhang, R., dan Qin, W. 2009. *Potentiometric Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer for Determination of Melamine in Milk*. *Sensors and Actuators*. 141. 544-550.

- Mazzotta, E., Picca, R.A., Malitesta. 2008. *Development of a Sensor Prepared by Entrapment of MIP Particles in Electrosynthesised Polymer Films for Electrochemical Detection of Ephedrine*. *Biosensors and Bioelectronics*. 23. 1152-1156.
- Sadeghi, S., Fathi, F., dan Abbasifar, J. 2007. *Potentiometric Sensing of Levamisole Hydrochloride based on Molecularly Imprinted Polymer*. *Sensors and Actuators*. 122. 158-164.
- Scorrano, S., Mergola, L., Sole dan Vasapollo. 2011. *Synthesis of Molecularly Imprinted Polymers for Amino acid Derivative by Using Different Functional Monomer*. *International Journal of Molecular Sciences*. 12(3). 1735-1743.
- Stevens, M.P. 2007. *Kimia Polimer*. Terjemahan cetakan ke-2. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Tehrani, M.S., Vardini, M.T., dan Husain, S.W. 2010. *Molecularly Imprinted Polymer Based PVC-Membrane-Coated-Graphite Electrode for the Determination of Metoprolol*. *International Journal of Electrochemical Sciences*. 5(1). 88-104.
- Thoelen, R., Vanswevelt, R., Duchateau. 2008. *A MIP-based Impedimetric Sensor for the Detection of Low-MW Molecules*. *Biosensors. Bioelectron*. 23. 913-918.
- Vasapollo, G. Dan Mele. 2011. *Molecularly Imprinted Polymers: Present and Future Prospective*. *Int. J. Molecular Sciences*. 12(9). 5908-5945.
- Wei, S. Dan Mizaikoff, V. 2007: *Recent Advances on Noncovalent Molecular Imprints for Affinity Separations*. *J. Separation Sciences*. 30. 1794-1805.
- Yang, Z.P. dan Zhang, C.J. 2009. *Designing of MIP-based QCM sensor for the determination of Cu(II) ions in solution*. *Sensors and Actuators B*. 142. 210-215.
- Zeng, H., Wang, Y., Nie dan Liu. 2012. *Preparation of Magnetic Molecularly Imprinted Polymers for Separating Rutin from Chinese Medicinal Plants*. *Analyst*. 137(10). 2503-2512.
- Zhou, X.Y., Yu, B., Levon, K. 2005. *Potentiometric sensor for dipicolinic acid*. *Biosensors. Bioelectron*. 20. 1851-1855.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PENELITIAN

a) *Proses pendinginan*



b) Polimer MIP



d) Pemanasan



f) Hasil pembuangan template

Proses pembuatan polimer

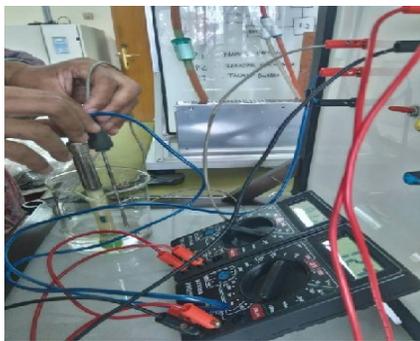


Elektroda Al-Al

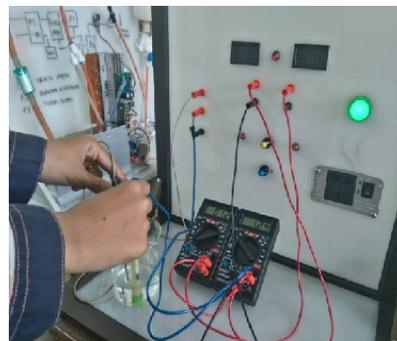


b) Potensiometer

Gambar Elektroda dan potensiometer



a) Hari pertama



b) Hari keempat

Pengukuran menggunakan ESI endosulfan

PRAKTIKUM KIMIA ANALITIK INSTRUMEN
ANALISIS ENDOSULFAN DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR BERBASIS MIP

1. Bahan dan Alat Pembuatan Polimer

a. Bahan Pembuatan Polimer

1. MAA (*Methacrylic Acid*)
2. EDMA (*Ethylene glycol Methacrylic Acid*)
3. BPO (*Benzoyl Peroxide*)
4. Kloroform
5. Endosulfan
6. Asetonitril
7. Metanol
8. Asam Asetat
9. Aquabides
10. Air

b. Alat Pembuatan Sensor

- | | | |
|----------------------------|------|------|
| 1. Botol kaca | : 4 | buah |
| 2. Spatula | : 2 | buah |
| 3. <i>Magnetic stirrer</i> | : 1 | buah |
| 4. <i>Hot plate</i> | : 1 | buah |
| 5. Gelas Kimia 50 ml | : 1 | buah |
| 6. Pipet ukur @1, 5, 10 ml | : 1 | buah |
| 7. Neraca analitik | : 1 | buah |
| 8. Tabung reaksi | : 12 | buah |
| 9. <i>Oven</i> | : 1 | buah |
| 10. <i>Refrigerator</i> | : 1 | buah |

2. Bahan dan Alat Pembuatan Elektroda

a. Bahan Pembuatan Elektroda

1. Kloroform
2. MIP

b. Alat Pembuatan Elektroda

1. Kawat aluminium
2. Kabel
3. Multimeter
4. Amplas
5. Resin
6. Pipa
7. Penutup sensor

3.3.3 Perlakuan dan Analisis Statistik Sederhana

Variabel Penelitian

1. Variabel percobaan yang divariasikan pada penelitian ini adalah :
Konsentrasi sampel
2. Variabel percobaan yang konstan pada penelitian ini adalah :
Kawat penghantar pada elektroda, Membran pada elektroda

3.4 Pengamatan

Penelitian ini dilakukan dengan membuat sensor yang berbasis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) untuk digunakan sebagai sensor yang akan selektif terhadap molekul endosulfan. Proses pembuatan polimer ada dua macam yaitu *Non Imprinted Polymer* dan *Molecularly Imprinted Polymer* yang dilanjutkan dengan pembuangan *template* pada MIP. MIP dikarakterisasi fisik dengan menggunakan SEM untuk melihat perbandingan distribusi ukuran pori sebelum dan sesudah pencucian sedangkan karakterisasi kimia menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR) untuk melihat gugus fungsi yang mengindikasikan adanya kandungan endosulfan dalam MIP tersebut.

Uji kinerja elektroda diawali dengan menyiapkan larutan standar endosulfan dalam berbagai konsentrasi yang kemudian diukur secara potensiometri untuk dilakukan pembacaan potensial yang terbaca pada *display*. Pengujian berupa potensial yang terbaca, waktu pengukuran, faktor nernst, keterulangan, stabilitas dan sensitivitas.

3.5 Prosedur Percobaan

3.5.1 Proses Pembuatan Sensor

a. NIP/*Non Imprinted Polymer*

1. Disiapkan alat dan bahan
2. Ditambahkan 2,01 ml pada *chloroform* 0,3 mL *methacrylic acid* (MAA), 0,525 mL *ethylene glycol dimethacrylate acid* (EDMA), *Benzoyl Peroxide* (BPO) 0,07 gram secara berurutan untuk membuat *pre-polymer solution*.
3. Dituang *Pre-polymers solution* kedalam botol lalu disegel dan disimpan kedalam lemari pendingin pada suhu -5°C selama 60 menit.
4. Botol tersebut diletakkan kedalam oven pada suhu 70°C selama 150 menit. Setelah proses pemanasan selesai, polimer padat diperoleh dalam campuran.

b. MIP/*Molecularly Imprinted Polymer*

1. Pembuatan polimer dilakukan dengan cara yang sama seperti pembuatan NIP ditambah dengan prosedur *endosulfane* yang dilarutkan sebagai template sebanyak 0,025 gram kedalam pelarut *chloroform* 2,01 mL lalu larutan tersebut di-*stirrer* selama 15 menit.
2. Disiapkan (*Non-imprinted Polymer/NIP*) untuk dibandingkan dengan MIP.

c. Pembuangan Template

1. Dilakukan proses sedimentasi MIP selama 24 jam dalam 8,5 mL *acetonitrile*.
2. Dicuci MIP dengan metanol/*acetic acid* (0,625 mL/12,5 mL) selama 1 jam lalu dibuang
3. Dicuci lagi MIP dengan metanol/*aquabides* (6,375 mL/12,5 mL) selama 1 jam lalu dibuang
4. Dicuci lagi MIP pada tahap akhir dengan 3 mL metanol selama 1 jam, 20 jam, 1 jam berturut-turut.

3.5.2 Proses Pembuatan Elektroda

a. Pembuatan Badan Elektroda

1. Disiapkan batang elektroda berupa kawat Aluminium sepanjang 12 cm sebanyak 2 kawat.
2. Dibuat setengah lingkaran ujungnya pada salah satu kawat.
3. Ditempatkan kawat lainnya dibagian kawat yang setengah lingkaran tersebut.
4. Ditambahkan resin jenuh untuk membuat *fixed* kedua kawat tersebut.

5. Diampelas bagian ujung permukaan resin yang telah mengering sehingga permukaan kawat Al-Al terlihat.

d. Proses Penempelan MIP pada Permukaan Elektroda

1. Diampelas permukaan elektroda dengan menggunakan ampelas ukuran sedang.
2. Disiapkan MIP Endosulfan yang telah dibuat sebelumnya.
3. Diberi larutan kloroform sebanyak 1 tetes pada permukaan elektroda yang telah diberi MIP endosulfan.
4. Dikeringkan pada kondisi suhu ruang.
5. Elektroda yang dilapisi MIP Endosulfan siap digunakan.

e. Pengukuran Menggunakan Elektroda MIP dengan Metode Potensiometri

1. Disiapkan peralatan potensiometer
2. Disiapkan elektroda MIP
3. Dihubungkan elektroda pada alat potensiometer
4. Disiapkan larutan standar berupa endosulfan dengan konsentrasi 0,02mM-0,58 mM.
5. Dilakukan pengukuran untuk masing-masing larutan.
6. Dilakukan pengukuran setelah empat hari pengukuran pertama.



FIRST
 Forum in Research, Science and Technology
 International Conference



CERTIFICATE

This is to certify that

YOHANDRI BOW

as

Presenter

International Conference FIRST 2016

Renewable Energy for Sustainable Development

Held on October 18-19, 2016
 State Polytechnic of Sriwijaya
 Palembang, Indonesia

Chairman of the Committee



H. Firdaus, S.T., M.T.

Director of

State Polytechnic of Sriwijaya



Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.





FIRST 2016

Forum In Research, Science, and Technology

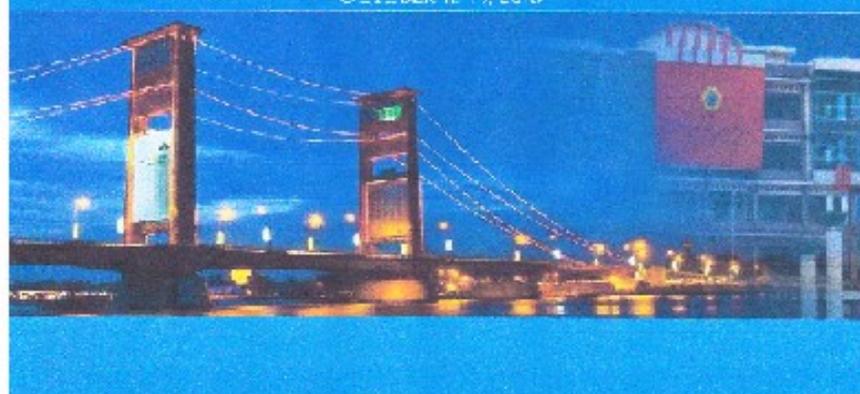
ISSN: 2481-0739

Renewable Energy for Sustainable Development

PROCEEDING

INTERNATIONAL CONFERENCE

OCTOBER 16- 19, 2016



Held by:



SUPPORTED BY:



POTENTIOMETRIC SENSOR FOR ENDOSULFAN PESTICIDE BASED ON MOLECULARLY IMRINTED POLYMER

Yohandri Bow[#], Hairul^{*}, Ibnu Hajar[#]

[#] *Chemical Engineering Department, State Polytechnic of Sriwijaya, Palembang, 30139, Indonesia*
E-mail:yohandribow@gmail.com

^{*} *Electrical Engineering Department, State Polytechnic of Sriwijaya, Palembang, 30139, Indonesia*

Abstract. Molecularly imprinted polymers (MIP) is a technique to produce a polymer having cavities as a result of the removing of specific template. MIP endosulfan is MIP with endosulfan template, one of pesticide types. MIP can be applied to the electrodes. This study aimed to obtain optimum conditions of MIP endosulfan manufacture with cooling and heating methods, characterize MIP endosulfan using SEM, and test the performance of aluminum-carbon-based electrodes MIP endosulfan as a potentiometric sensor. Stages of generating electrodes of MIP endosulfan were MIP endosulfan generating, MIP endosulfan coating on the surface of the aluminum-carbon electrodes and electrode potentiometric testing. The obtained MIP endosulfan by washing and without washing were characterized using SEM. The results showed differences in the number of pores between MIP without and with washing. The test results of electrode performance indicated that MIP endosulfan-based aluminum-carbon electrode as sensor had detection limit of 0.02 mM, sensitive in the concentration range from 0.02 to 0.12 mM with Nernst factor > 0.059 V / decade and had good stability and repeatability.

Keywords: endosulfan, imprinted polymer, sensor, potentiometric

I. INTRODUCTION

Environmental contamination with pesticides is an undesired consequence of agricultural activities. Direct discharge of pesticide-containing wastewater into soil or natural water sources constitute a major problem of point-source contamination. Inappropriate handling of pesticides during agriculture use results in risk of contamination in tasks such as the spraying of pesticides on the field, their dilution and pouring in spraying tanks, the discharge of residues and cleaning of those tanks after application, and utilization in postharvest treatment [1,2].

In recent years, farmers are using higher percentage of chemical fertilizers and pesticides to enhance the yield of crops to fulfil growing demands of food crops. If pesticides are not used, crop yield has been reported to reduce by about 10%. It is well known that several pesticides used for agriculture purposes are associated with surface and ground water contamination. Excessive and uncontrolled use of endosulfan pesticides can leave harmful and environmentally unsafe residues in soil and water. Public concern regarding pesticide exposure to pesticides, children, pregnant women, farmers, farm workers and the elderly undergo negative health effects and can also cause acute poisoning, cancer, neurological damage, birth defects and reproductive as well as development harms. The excessive and uncontrolled uses of endosulfan pesticide in crops have raised and alarm for its toxicity not only in crops but also in drinking water. So, it has become imperative to detect and separate the hazardous pesticide endosulfan from contaminated water [3].

Persistent Organic Pollutants (POPs) are a set of chemicals that are toxic, persist in the environment for long periods of time, and biomagnify as they move up through the food chain. POPs have been linked to adverse effects on human health and animals. Because they circulate globally via the atmosphere, oceans, and other pathway, POPs released in one part of the world can travel to regions far from their source of origin [4].

Endosulfan is a man-made insecticide. It is used for control of a number of insect on such food crops as grains, tea, fruits, and vegetables and on such non-food crops as tobacco and cotton. It is also used as a wood preservative.

Endosulfan is sold as a mixture of two different forms of the same chemical (referred to as alpha- and beta-endosulfan). It is a cream-to-brown-colored solid that may appear crystalline or be in flakes. It has a distinct odor similar to turpentine. Endosulfan does not burn. Its chemical name is 1,4,5,6,7,7-hexachloro-8,9,10-trinoborn-5-en-2,3-ylenebismethylene sulfite or 6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methano-2,4,3-benzodioxathie- pen 3-oxide. The empirical, structural formula and molecular mass are given as Fig. 1 below.

C₉H₆Cl₆O₃S

406,9

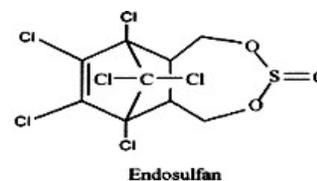


Fig. 1 Structure formula endosulfan

Endosulfan is an organo chlorine insecticide and acaricide, and act as a contact poison in a wide variety of insects and mites [5]. It is being easily absorbed by the stomach, lungs and through the skin, which meaning that all routes of exposure can pose a hazard. It enhances the effect of estrogens can pose a hazard. It enhances the effect of estrogens and act as an endocrine disruptor, causing reproductive and development damage in animals and humans as well as cause cancer [6].

Endosulfan is a neurotoxic organochlorine insecticide of the cyclodiene family of pesticides. It is highly toxic and an endocrine disruptor, and it is banned in the European Union, Philippine, and several countries. Because of its high toxicity and high potential for bioaccumulation and environmental contamination, a global ban on the use and manufacture of endosulfan is being considered under the Stockholm Convention [7].

Endosulfan is a broad spectrum organochlorine insecticide and comes in α and β isomers, both of which are found in commercial formulations. It is practically insoluble in water, but is soluble in organic solvents. In the biological tissues and the environment it is known to degrade into various metabolite, which include endosulfan sulphate, endosulfan alcohol, endosulfan ether and endosulfan lactone [8]. Therefore, becomes the barest necessity to detect and separate these kinds of pesticides from the contaminated water. There are number of methods for sensing and separation of pesticides. Biosensors and sensors provide excellent tools for the detection of the pesticides. Molecularly Imprinted Polymers (MIPs) are used for separation, which have artificially created receptor structure. There are many recent reports of molecularly imprinted polymer, which are used to develop detection systems for pharmaceuticals and environmental contaminants.

Molecular imprinting is a method for creating specific cavities in synthetic polymer matrices with memory for the template molecules. To date molecularly imprinted polymers (MIPs) have obtained a strong position in material science and technology, expanding significantly the list of functional materials.

Molecular imprinting technology is a promising technique for creating recognition elements for selected compounds and has been successfully applied for synthesis of environmental pollutants such as pesticides [9].

The molecular imprinting technique continues to be fascinating field of analytical chemistry offering strategies for creating molecule-specific recognition

matrices with recognition capabilities analogous to those of biological receptors [10]. The shape, size and positions of the functional groups in the recognition sites generated are complementary to those of the original analyte. Thus, molecularly imprinted polymers (MIPs) rebind their original analyte in preference to related molecules. MIPs have considerable potential for application in the areas of clinical analysis, medical diagnostic, environmental monitoring and drug delivery. Imprinted polymer materials possess several other virtues viz. physical and chemical stability, storage endurance and imprint memory which is essential for preparation of recognition membranes in a robust and reusable sensing device. Moreover, MIPs are usually cheaper and more accessible high affinity recognition materials in contrast to many biological entities [11].

MIPs have been synthesized for large and small molecules, herbicides including atrazine [12] and 2,4,5 trichlorophenoxyacetic acid [13], environmental contaminants pentachlorophenol and organophosphorous such as paraoxon, dichlorovos [14]. Scheme for molecular imprinting is given as Fig. 2 [15].

MIPs are advantageous for sensors because they selectively bind the targeted compound while ignoring all others. Therefore an MIP-based sensor should reduce the number of false positives that often plague other types of sensors (for example, pesticides often cause false alarms with nerve gas sensors) [16].

Potentiometric sensors, a subgroup of chemical sensors, are attractive for practical applications, as they are associated with small size, portability and low energy consumption and cost compared to other group of sensors [17,18].

The development of MIP based sensors with potentiometric transduction does not require the template or print molecule to be extracted from the membrane to create membrane potential and does not have to diffuse through the membrane, so that there is no size restriction on the template molecule, the main Achilles heel of MIP's until recently. Zhou, *et al.* [19] reported for the first time MIP based potentiometric sensor for methylphosphonic acid, an ultimate degradation product of nerve agents by coupling surface imprinting technique with a nanoscale transduces, indium tin oxide. The literature reveals that the prepared imprinted polymer membranes can be effectively used for the detection of nerve agents by fabricating them into potentiometric sensors [20,21].

This study was aimed to develop a molecularly imprinted polymer composite membrane to selectively recognize the contaminant (endosulfan) in water test samples. The selective membrane matrix will work a dual function of identification and removal of targeted analyte. In present attempt, composite membrane of MIPs has been synthesized and used for separation and sensing of the pesticides due to their unique stability and easy to adaption using advanced instrumental technique like UV-

Visible spectrophotometer and Scanning Electron Microscopy (SEM).

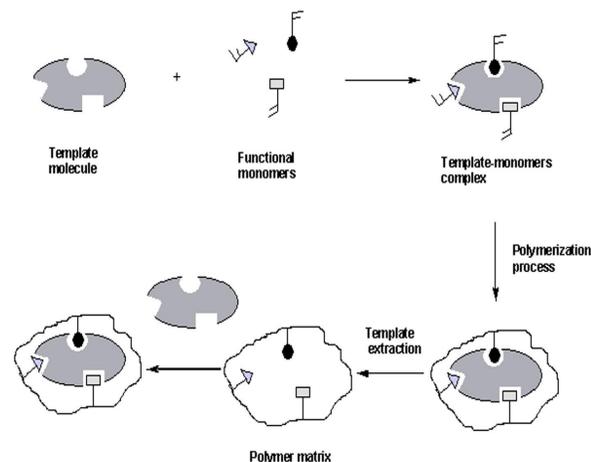


Fig. 2 Scheme of molecular

II. THE MATERIAL AND METHOD

A. Preparation of endosulfan template

All the reagents were of analytical grade. The procedure for the synthesis of MIP and NIP polymers as following procedure: Briefly, a template of endosulfan was taken in a endosulfan 0.025 gr and solvent chloroform 2.1 mL, cross-linker EDMA 0.525 mL, functional monomer MAA 0.059 mL and initiator BPO 0.05 gr were added to it. All the component were thoroughly mixed for 15 minutes. Blank polymer without endosulfan was also prepared. After that the reaction vial were kept at -5°C in freezer for 1 hour and kept at $70-120^{\circ}\text{C}$ for 150 minutes for complete polymerization.

The polymer was transferred from the vial to mortar and grinded. The polymers were collected through acetonitrile solvent filtered and washed using methanol and water (aquadest) for 1 hour. Remaining residues filtrate was also collected for drying and future use.

A control sensor was prepared in every case following the same procedure, but in the absence of template molecule. The control (or non-imprinted polymer-modified electrode) had a any time the same treatment as the imprinted sensor, to ensure that the effect observed are only due to the imprinting features and not to the subsequent treatments undergone by the sensor.

B. Removal of Template and Confirmation by UV-Visible Spectrophotometer

Specific binding is confirmed by UV-Visible spectrophotometer. The MIPs were washed three times with methanol and also water to remove the print molecules. Imprinted template was eluted with methanol. The removal of template was also confirmed by using UV-Visible spectrophotometer.

C. Characterization of MIP Composite Membrane by Scanning Electron Microscopy (SEM)

Prepared molecular imprinted composite membranes with and without template were categorized by using scanning electron microscopy (SEM, Model: Pro-X) and the micrograph were recorded of all the different samples of the membrane including non-imprinted and MIP composite membranes.

D. Electrochemical Sensor Preparation

Electrochemical studies were performed using a potentiostat. The general procedure used to prepare the potentiometric sensor based MIP, using aluminum wire (1 mm diameter and 120 mm long) and carbon. The electrodes was polished with fine alumina slurries on a polishing cloth, sonicated in distilled water and dried in air. A unsaturated resin was glued to one end of the above aluminum wire. Endosulfan was dipped into the aluminum wire and added a solution of chloroform on the sensor surface that has been coated with endosulfan.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Characterization of MIP Composite Membrane by Scanning Electron Microscope

The prepared MIP composite membrane is of different porosity due to polymerization of polymers with and without the template within the pores of membrane and on the surface as well. Since, the membrane was made wet with reaction mixture of polymers and this reaction mixture was well absorbed within the pores and also forms a very thin layer of porous polymer on the millipore membrane, therefore, the study of surface morphology was essential in context with porosity and surface texture.

SEM analysis described both the morphological characteristics of the shape and surface structure of the MIP. This was important information for the synthesis and applications of MIP.

Fig. 3 and 4 show the SEM micrographs of the MIP composite membrane imprinted by endosulfan template, which were recorded at 500X, 1 KX, 1.5 KX and 1.99 KX magnifications and at a resolution of 30 μm . The surface texture clearly exhibits the cavities on the surfaces and within the pores, which is a clear indication of change of porous behaviour of MIP composite membrane after removal of template. This change in porous characteristic behaviour in thermo dynamical studies. Here were the results of SEM to the MIP obtained [22].

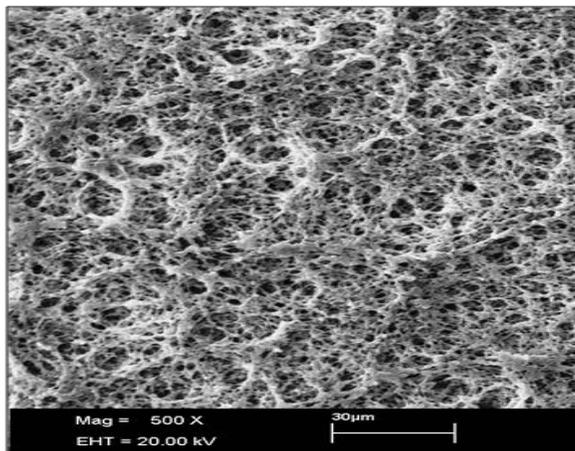


Fig. 3 SEM of the MIP endosulfan template at 500X magnification and 30 μm resolution

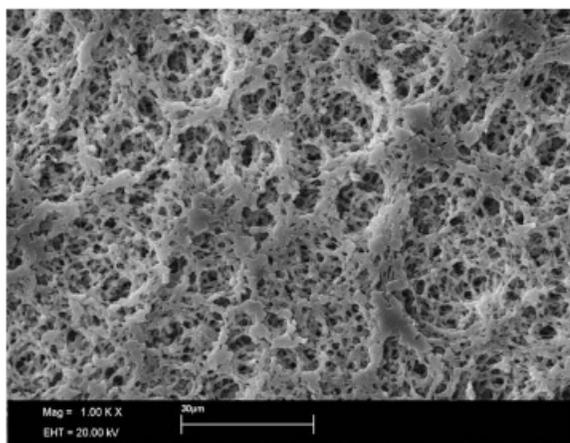


Fig. 4 SEM of the MIP endosulfan template at 1.0 KX magnification and 30 μm resolution

B. Binding of Endosulfan Template with MIPs

Binding of the template was done by passing the concentration 20 $\mu\text{m}/\text{ml}$ of template from imprinted polymer and non-imprinted polymer. MIP has specific cavities for template as concentration was passed from MIP, its shows sensitivity to template. Sensitivity of MIP was confirmed by UV-Visible spectra of elutes. MIP elutes show lower absorbance than non-imprinted polymer. It confirms that MIP has sensitivity to template. Fig. 7 shows the graph between absorbance and wavelength of endosulfan concentration passed from MIP and non-imprinted polymer.

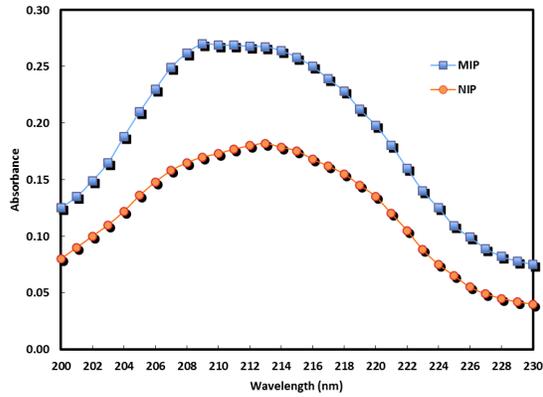


Fig. 7 Endosulfan concentration passed from MIP and NIP

C. The Concentration of Endosulfan Bound to the MIP

MIP endosulfan was fabricated with cooling - heating method for a variable heating time (90, 120, and 150 minutes), which includes the initial concentration (target), endosulfan concentrations of free and bound endosulfan concentrations of MIP. The relationship between the concentration of endosulfan independent of the concentration of endosulfan bound to the MIP can be seen in Fig 8.

Furthermore, the concentration of endosulfan independent of the concentration of bound target can be seen in Fig 8. It was explained that the polymer bound endosulfan concentrations increased with increasing concentrations of endosulfan free. Heating time of 150 minutes produces the least amount of free endosulfan than the heating time of 90 minutes and 120 minutes. This indicates that endosulfan binds to the MIP are most numerous in the old polymer prepared by heating 150 minutes. This result corresponds to the available cavities, where these polymers are more porous than the other polymers.

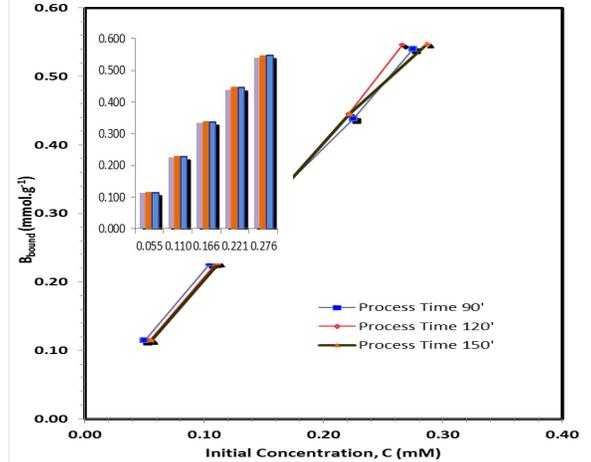


Fig. 8 The relationship between the concentration of target bounds to the initial concentration of MIP

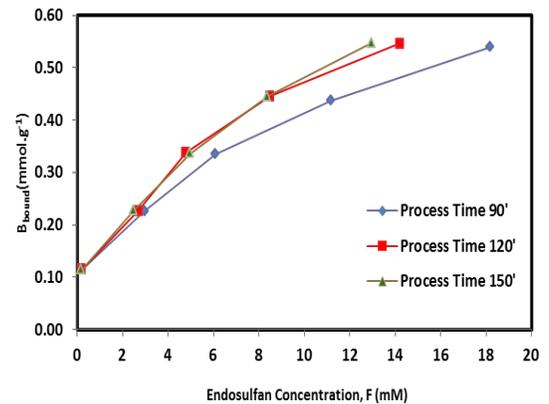


Fig. 9 The relationship between B_{bound} to the concentration of endosulfan free

From Scatchard Plots, it was found that the maximum amount of targets binds to the MIPs was 10,03 mmol/gr for heating time 150 minutes, respectively. On the other hand, the cavities of MIPs was 528 for heating time 150 minutes, as analyzed from the SEM images. These finding confirmed that the heating time of 150 minutes results in the endosulfan MIP with the best endosulfan sensing properties. The relationship between the concentration of bounds to the initial concentration can be seen in Fig 10.

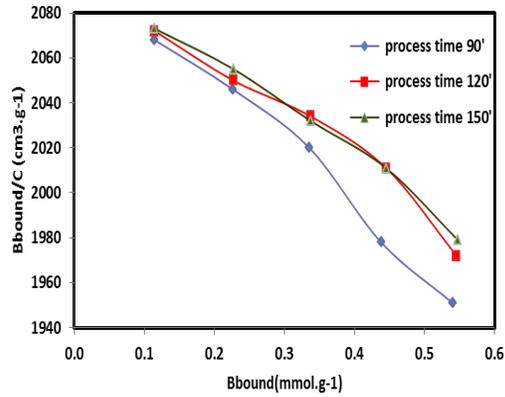


Fig. 10 Relationship B_{bound}/C to B_{bound}

D. Sensor Performance Test

After testing the performance of the sensor by measuring the voltage (volts) on a standard solution with varying concentrations, linearity equation and Nernst factor were obtained.

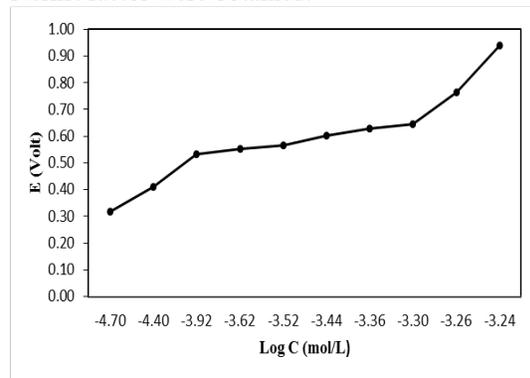


Fig. 11 Graph between MIP endosulfan potential to the target logarithm concentration on the aluminum-carbon sensor on the 1st day

Fig. 11 showed that the slope of the function E versus \log concentration increased with increasing concentrations of the target value. Based on the graph, linear equation with three ranges of concentration was obtained. Based on the results of linear regression on the graph of potential E (volts) to the logarithm concentration, the obtained parameter values were as follows:

Table 1. The obtained Parameters of potential plot E (Volt) to

the logarithm concentration at 1st day

Concentration Range	$E = K + N$ (slope) $\log C$	Z	R^2
0.02 – 0.12	$1.5838 + 0,2682 \log C$	0.21626	0.9977

0.24 – 0.44	$1.6656 + 0,3093 \log C$	0.18752	0.9841
0.50 – 0.58	$14.763 + 4,2808 \log C$	0.01355	0.9120

From the measurements performed in the concentration range from 0.02 to 0.58 mM obtained three N slope with a value of 0.2682 in the concentration range from 0.02 to 0.12 mM, 0.3093 in the concentration range from 0.24 to 0.44 mM, and 4.2808 in the concentration range from 0.50 to 0.58 mM. These sensors had good sensitivity in the concentration range from 0.02 to 0.12 mM as indicated by the linearity value closed to 1, $R^2 = 0.9977$.

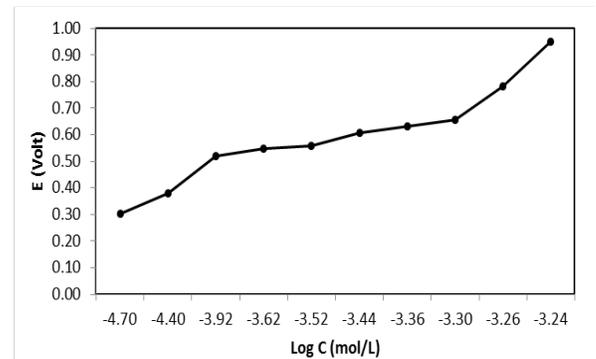


Fig. 12 Graph of MIP potential of endosulfan to the target of logarithm concentration on the aluminum-carbon electrodes on at 20th day

Based on the results of linear regression on a graph of potential E (volt) to the logarithm of the concentration, the obtained parameters were as follows:

Table 2. Obtained Parameters from E (Volt) potential plot to

the logarithm of the concentration at the 20th day

Concentration Range	$E = K + N$ (slope) $\log C$	Z	R^2
0,02 - 0,12	$1,631 + 0,2837 \log C$	0,20444	0,9993
0,24 - 0,44	$1,7386 + 0,3302 \log C$	0,17565	0,9213
0,5 - 0,58	$14,87 + 4,3094 \log C$	0,01346	0,9330

From the measurements done on the 20th day in the concentration range from 0.02 to 0.58 mM N obtained three slopes with a value of 0.2837 in the concentration range from 0.02 to 0.12 mM, 0.3302 in the concentration range of 0.24 -0.44 mM, and 0.3094

in the concentration range 0.50 to 0.58 mM. Measurement on the 20th day also showed sensors had good sensitivity in the concentration range from 0.02 to 0.12 mM with the linearity of 0.9993.

The test results of electrode performance indicated that MIP endosulfan-based aluminum-carbon sensor had detection limit of 0.02 mM, sensitive in the concentration range from 0.02 to 0.12 mM with Nernst factor > 0.059 V/ decade and had good stability.

REFERENCES

- [1] Carlos, *et al.* *On-farm Biopurification Systems: Role of White Rot Fungi in Depuration of Pesticide-containing Wastewater*. Minireview. FEMS Microbial Lett. 345. p. 1-12. 2013.
- [2] Singh, *et al.* *Selective Recognition of Endosulfan Pesticide in Environmental Matrix with Molecularly Imprinted Polymer Membrane*. Research Journal of Chemical Science, Vol. 4(4), p. 63-70, 2014.
- [3] Juan He, Lixin Song, Si Chen, Yuanyuan Li, Hongliang Wei, Dongxin Zhao, Keren Gu and Shunsheng Zhang. Novel Restricted Access Materials Combined to Molecularly Imprinted Polymers for Selective Solid-Phase Extraction of Organophosphorous Pesticides from Honey. Food Chemistry, Elsevier. 187. p. 331-337. 2015.
- [4] Kanchan Singh, Akmal Pasha, B.E. Amitha Rani. Preparation of Molecularly Imprinted Polymers for Heptachlor: An Organochlorine Pesticide. Chronicles of Young Scientists, Vol. 4(1). p. 46-50. 2013. doi: 10.4103/2229-5186.108806.
- [5] Abdul Latif Ahmad, Nur Fahanis Che Lah and Siew Chun Low. Molecular Imprinted Polymer for Atrazine Detection Sensor: Preliminary Study. Chemical Engineering Transactions. Vol. 45. p. 1483-1488. 2015. doi: 10.3303/CET1545248.
- [6] Maricely Janette Uria Toro, Luiz Diego Marestoni and Maria Del Pilar Taboada Sotomayor. A New Biomimetic Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymers for Highly Sensitive and Selective Determination of Hexazinone Herbicide. Sensors and Actuators B 208. p. 299-306. 2015.
- [7] Jianshe Tang and Li Xiang. Development of a Probe Based on Quantum Dots Embedded with Molecularly Imprinted Polymers to Detect Parathion. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 25, No. 2. p. 787-793. 2016. doi: 10.15244/pjoes/60888.
- [8] Fabrizio Ruggieri, Luca Lozzi, Angelo Antonio and Sandro Santucci. Development of Molecularly Imprinted Polymeric Nanofibers by Electrospinning and Applications to Pesticide Adsorption: Sample Preparation. Journal Separation Science. February 2015. doi: 10.1002/jssc.201500033.
- [9] Singh, *et al.* *Molecular Imprinting for Heptachlor*. Chronicles of Young Scientists. Vol. 4, Issue 1 Jan-Jun. p. 46-50. 2013.
- [10] Vishnuvardhan, Varada, *et al.* *Imprinted Polymer Inclusion Membrane Based Potentiometric for Determination and Quantification of Diethyl Chlorophosphate in Natural Waters*. American Journal of Analytical Chemistry, 2, p. 376-382, 2011.
- [11] Tehrani, M.S, *et al.* *Molecularly Imprinted Polymer Based PVC-Membrane-Coated Graphite Electrode for Determination of Metoprolol*. Int. J. Electrochem. Sci. 5. p. 88-104. 2010.
- [12] Saliza Asman, Sharifah Mohamad and Norzilawati Muhamad Sarih. Exploiting β -Cyclodextrin in Molecular Imprinting for Achieving Recognition of Benzylparaben in Aqueous Media. Int. J. Mol. Sci. 16. p. 3656-3676. 2015. doi: 10.3390/ijms16023656.
- [13] Gabycarmen Navarrete-Rodriguez, Cesareo Landeros-Sanches and Alejandra Soto-Estrada. Endosulfan: Its Isomers and Metabolites in Commercially Aquatic Organisms from the Gulf of Mexico and the Caribbean. Journal of Agriculture Science, Vol. 8(1). p. 8-24. 2016. doi: 10.5539/jas.v8n1p8.
- [14] U.S. Environmental Protection Agency, Manual of Analytical Methods for the Analysis of Pesticides in Human and Environmental Samples. 2012.
- [15] Sha Yang, Yonghui Wang, Yingda Jiang, Shuang Li and Wei Liu. Molecularly Imprinted Polymers for the Identification and Separation of Chiral Drugs and Biomolecules. Polymer. 8. 2016. doi: 10.3390/polym8060216.
- [16] Saxena, Ronika and Poonam Garg. Vitamin E Provides Protection against in vitro Oxidative Stress due to Pesticide (Chlorpyrifos and Endosulfan) in goat RBC. GERF Bulletin of Biosciences 1(1), p. 1-6, 2010.
- [17] Rusdianasari, Bow, Y., Taqwa, A. Treatment of coal stockpile wastewater by electrocoagulation using aluminum electrode. J. Advanced Material Research. Vo. 896. p. 145-148. 2014.
- [18] Rusdianasari, Meidinariasty, and Purnamasari, I. Level Decreasing Kinetics Model of Heavy Metal Contents in the Coal Stockpile Wastewater with Electrocoagulation. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. Vol. 5(6). p. 387-391. 2015. doi:http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.5.6.593.
- [19] Mercedes Roldan-Pijuan, Rafael Lucena, Soledad Cardenas, Miguel Valcarcel, Abuzar Kabir and Kenneth G. Furton. Stir Fabric Phase Sorptive Extraction for the Determination of Triazine Herbicides in Environmental Waters by Liquid Chromatography. Journal of Chromatography A. 2014.
- [20] Mengchun Zhou, Nana Hu, Shaohua Shu and Mo Wang. Molecularly Imprinted Nanomicrospheres as Matrix Solid-Phase Dispersant Combined with Gas Chromatography for Determination of Four Phosphorothioate Pesticides in Carrot and Yacon. J. Anal. Methods Chem. 2015. Doi: 10.1155/2015/385167.
- [21] Monireh Khadem, Farnoush Faridbud, and Parviz Nouzi. Biomimetic Electrochemical Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer for Dichloran Pesticide Determination in Biological and Environmental Samples. J. Iran Chem. Soc. Vol. 13(11). 2016. Doi: 10.1007/s13738-016-0925-8.
- [22] Singh K.P., Kumar Ajeet and Tyagi Shweta. Selective Recognition of Endosulfan Pesticide in Environmental Matrix with Molecularly Imprinted Polymer Membrane. Research Journal of Chemical Sciences. Vol.4(4). Pp. 63-70. 2014.



Certificate for Participation

was awarded their colleague

Yohandri Barw
has participated as
Civil Practitioner

in the online program of seminars on engineering
Science & Technology held in the field of
reference 0-10 November 2012

Dean
[Signature]
Head of Engineering Science
Faculty of Engineering Shifafa University

Secretary of Program
[Signature]
Dr. M. Himmah, M.Eng.

Lampiran 4. Biodata Ketua Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Yohandri Bow, ST., MS. (L)
2	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
3	NIP/NIK/Identitas lainnya	197110231994031002
4	NIDN	0023107103
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Curup, 23 Oktober 1971
6	Alamat Rumah	Jln. Sosial no. 544 Palembang
7	Nomor Telepon/Faks/ HP	08127148244
8	Alamat Kantor	Jln. Srijaya Negara Bukit Besar, Palembang
9	Nomor Telepon/Faks	0711-353414/0711355918
10	Alamat e-mail	andre_bow@yahoo.com
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1= orang; S-2= Orang; S-3= Orang
12. Mata Kuliah yg Diampu		1. Kimia Analitik Instrumen
		2. Pengendalian Proses
		3. Praktikum Kimia Analitik Instrumen
		4. Praktikum Pengendalian Proses

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	UNSRI	UNPAD	UNSRI
Bidang Ilmu	Teknik Kimia	MIPA Kimia	Ilmu Lingkungan
Tahun Masuk-Lulus	1989-1995	2000-2003	2012
Judul Skripsi/Thesis/Disertasi	Pra Rencana Pabrik Octyl Phenol Sulfide	Penentuan Kadar Klorin Terlarut secara Voltametri Menggunakan Sensor	-
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. Azhary Surest, SU	Prof. Roekmiati K. Tjokronegoro	Prof. Eddy Sutriyono

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2012	Pengolahan Limbah Cair Stockpile Batubara untuk mengurangi Pencemaran Lingkungan (Anggota)	Hibah Bersaing	40
2	2013	Aplikasi Metoda Voltametri untuk Pendegradasian Kadar Klorin Terlarut di Perairan Sungai Musi (Ketua)	Hibah Bersaing Dana BOPTN	36
3	2014	Aplikasi Metode Potensiometri dan Voltametri untuk Penentuan Karbon Organik Total dan Logam Berat pada Tanah, Thn I (Ketua)	Hibah Bersaing	57,5
4	2015	Aplikasi Metode Potensiometri dan Voltametri untuk Penentuan Karbon Organik Total dan Logam Berat pada Tanah, Thn II (Ketua)	Hibah Bersaing	50

** Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2013	Penerapan Metode Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Anggota)	Dana BOPTN	5
2	2014	IbM Industri Tenun Tradisional yang Mengalami Kesulitan Mengolah Limbah Cair (Anggota)	Pengabdian Dikti	46

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor/Tahun	Nama Jurnal
1	Penentuan Senyawa Fenol dengan Menggunakan Elektroda Terlapis Enzym	Volume 2, No.2, Juli 2009	Jurnal Kinetika, ISSN 1693-9050, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya
2	Pengaruh Tekanan dan Temperatur Terhadap Pemurnian Etanol dari Tetes tebu secara Distilasi Vacum	Vol. VII, No. 2, Juni 2010	Jurnal Teknosain, ISSN 1693-8089, STTBT Bekasi
3	Penurunan Kadar Sianida pada Minyak Biji Karet Menggunakan Adsorben Bentonit	Vol. 1, No. 1, Maret 2012	Jurnal Kinetika, , ISSN 1693-9050, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya
4	Pencegahan Laju Korosi dengan Inhibitor Alami Ekstrak Daun Pepaya	Vol. 1, No. 1, November 2012	Jurnal Kinetika, , ISSN 1693-9050, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya
5	Modified Carbon Composite Electrode with Zeolite in Degradation of Dissolved Chlorine	Proceeding International Conference Chemical Engineering on Science and Application	ChESA 2013 18-19 September
6	The Application of Potentiometric Methods in Determination Total Organic Carbon Content of Soil	International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology, ISSN: 2088-5334	Vol. 4 (2014) No. 2, http://ijaseit.insightsofcietv.org

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan / Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	The 7 th International Conference of Chemical Engineering on Science and Application (ChESA 2013)	Modified Carbon Composite Electrode with Zeolite in Degradation of Dissolved Chlorine	Banda Aceh, 18-19 September 2013

2	International Conference Sustainable Agriculture, Food and Energy (SAFE2014)	The Application of Potentiometric Methods in Determination Total Organic Carbon Content of Soil	Bali, 18-19 September 2014
---	--	---	----------------------------

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1				
2				

H. Pengalaman Perolehan HKI Dalam 5 – 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1				
2				

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat
1	Penyusunan Statuta Politeknik Negeri Sriwijaya	2012	Politeknik Negeri Sriwijaya	Acuan Aturan Kebijakan Politeknik Negeri Sriwijaya
2	Penyusunan Program Perencanaan dan Anggaran	2012-2014	Politeknik Negeri Sriwijaya	Program dan Kegiatan Lembaga

J. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Satyalancana Karya Satya X Tahun	Republik Indonesia	2005

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Bersaing.

Palembang, November 2016

Ketua Peneliti,

Yohandri Bow, ST., MS

Lampiran 4. Biodata Anggota Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Hairul, ST, MT
2	Jenis Kelamin	Laki – laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	196511261990031002
5	NIDN	0026116508
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Benawa, 26 – 11- 1965
7	E-mail	hairulroni@gmail.com
9	Nomor Telepon/HP	081367593354
10	Alamat Kantor	Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang
11	Nomor Telepon/Faks	0711-353414
12	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 0 orang; S-2 = 0 orang; S-3 = 0 orang
13. Mata Kuliah yg Diampu		1. Mesin Listrik I
		2. Mesin Listrik II
		3. Transformator
		4. Bengkel Listrik

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Diponegoro Semarang	Institut Sains Teknologi Nasional (ISTN) Jakarta	-
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Tenaga Listrik	-
Tahun Masuk-Lulus	1992 – 1996	2010 - 2012	-
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi		Perbandingan Kontrol Motor Induksi Fasa Tiga Menggunakan PD dengan PID Berbasis PLC	-
Nama Pembimbing/Promotor		Dr. Ir. Oo. Abdul Rosyid	

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No.	Tahu	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2014	Aplikasi Metode Potensiometri dan Voltametri untuk Penentuan Karbon Organik Total dan Logam Berat pada Tanah, Thn I (Anggota)	Hibah Bersaing Dikti	57,5
2	2015	Aplikasi Metode Potensiometri dan Voltametri untuk Penentuan Karbon Organik Total dan Logam Berat pada Tanah, Thn II(Anggota)	Hibah Bersaing Dikti	50

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak- sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Bersaing.

Palembang, November 2016
Pengusul,

Hairul, ST, MT
NIP. 196511261990031002

Biodata Anggota Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Ibnu Hajar, S.T.,M.T
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	197102161994031002
5	NIDN	0016027102
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Lahat, 16 Pebruari 1971
7	E-mail	ibnubaray@gmail.com
9	Nomor Telepon/HP	081532157161
10	Alamat Kantor	Jln. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang
11	Nomor Telepon/Faks	0711-353414/0711355918
12	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = ... orang; S-2 = ... orang; S-3 = ... orang
13. Mata Kuliah yg Diampu		1 Fisika
		2 Kimia Fisika
		3 Praktikum Utilitas
		4 Praktikum Pilot Plant

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	UNSRI	UNSRI	
Bidang Ilmu	Teknik Kimia	Teknik Kimia	
Tahun Masuk-Lulus	1989-1996	2009-2012	
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pra rencana Pabrik 2 metil aziridin	Pemanfaatan Kitosan dari Kulit Udang Sebagai Penyerap Ion Logam Fe ²⁺ dan Mn ²⁺ dalam Air raja	
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. A. Sanusi Siregar, SU	Dr.Ir. M. Faizal, Dea	

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2009	Aplikasi Proses Demineralisasi Air Baku Metode Pelunakan dengan CaO dan NaOH sebagai Modul Praktikum Utilitas	Dipa Polsri	4

2	2009	Prototype pemisah Padat Cair dengan Menggunakan gaya sentrifugasi- gravitasi untuk pengembangan praktikum Satuan Operasi Mahasiswa semester IV	Dipa Polsri	4,5
3	2013	Aplikasi Metode Voltametri untuk Pendegradasian Kadar Klorin Terlarut di Perairan Sungai Musi (Anggota)	Hibah Bersaing BOPTN	36
4	2014	Aplikasi Metode Potensiometri dan Voltametri untuk Penentuan Karbon Organik Total dan Logam Berat pada Tanah (Anggota)	Hibah Bersaing Dikti	57,5

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2008	Penyuluhan Pembuatan Kompos dari sampah organik rumah tangga	Dipa Polsri	3
2	2011	Pelatihan Penggunaan Tanaman Nimba sebagai Biopestisida untuk Mengurangi Penggunaan Pestisida Sintesis	Dipa Polsri	3

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

E.

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak- sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan penelitian Hibah Bersaing.

Palembang, November 2016

Pengusul,

Ibnu Hajar, S.T., M.T

Penelitian Tahun 2017

Penelitian Hibah Bersaing Tahun II

PENGEMBANGAN METODE MOLECULRLY IMPRINTED POLYMER (MIP)
POLISULFAN DAN APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Lt.4 Gedung D Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270
Telepon: (021) 57946042 Fax: (021) 57946085

**KONTRAK PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2017**

**ANTARA
PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN
MASYARAKAT
DENGAN
Politeknik Negeri Sriwijaya**

Nomor: 050/SP2H/LT/DRPM/IV/2017

Pada hari ini **Selasa** tanggal **Dua puluh lima** bulan **April** tahun dua ribu tujuh belas, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. Ocky Karna Radjasa

: Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang berkedudukan di Lt. 4 Gedung D Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Pejabat Pembuat Komitmen pada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat berdasarkan Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 02/E.1/KPT/2017 tanggal 14 Januari 2017, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;

2. Ir. Jaksen M. Amin, M.si

: Sebagai Kepala UPPM yang berkedudukan di Palembang, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama para Dosen di perguruan tinggi tersebut dengan nama dan judul proposal penelitian sebagaimana tersebut dalam Lampiran, untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Kontrak Penelitian, dengan ketentuan dan syarat-syarat yang diatur dalam pasal-pasal berikut:

PASAL 1

Kontrak Penelitian ini berdasarkan kepada:

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2003, tentang Keuangan Negara;
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2004, tentang Perbendaharaan Negara;
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2004, tentang Pemeriksaan Pengelolaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara;
5. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi
6. Undang-undang Nomor 39 Tahun 2008 tentang Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 166, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4916);
7. Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 8);
8. Peraturan Presiden Nomor 13 Tahun 2015 tentang Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 14);
9. Keputusan Presiden Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode 2014-2019;
10. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan tinggi Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan tinggi;
11. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 698/M/Kp/XII/2015, tentang Pejabat Perbendaharaan Pada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Tahun Anggaran 2016;
12. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 106/PMK.2/2016 tentang Standar Biaya Keluaran Tahun 2017;
13. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 tahun 2016 tentang Tata Cara Pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer Penelitian;
14. Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi Republik Indonesia Nomor 28/E/KPT/2017 tentang Penerima Pendanaan Penelitian;
15. Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 02/E.1/KPT/2017 tanggal 14 Januari 2017;
16. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2017 tanggal 7 Desember 2016.

PASAL 2

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk mengkoordinir dan sebagai penanggungjawab Kontrak yang dilakukan oleh para Dosen perguruan tinggi tersebut di **Politeknik Negeri Sriwijaya**
- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh atas pelaksanaan, administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1).

- (3) Kontrak sebagaimana dimaksud ada ayat (1) sebanyak **32 (Tiga puluh dua)** Judul Penelitian dibebankan pada DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) Nomor SP DIPA-042.06.1 401516/2017 tanggal 7 Desember 2016.
- (4) Daftar nama Ketua Peneliti, judul, dan besarnya biaya setiap judul penelitian yang telah disetujui untuk didanai tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Kontrak Penelitian ini.

PASAL 3

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberikan pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 sebesar **Rp 1.821.600.000,- (Satu milyar delapan ratus dua puluh satu juta enam ratus ribu rupiah)** yang dibebankan kepada DIPA Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2017 tanggal 7 Desember 2016.
- (2) Pendanaan Pelaksanaan Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dari Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara (KPPN) III Jakarta kepada rekening Institusi melalui mekanisme Pembayaran Langsung (LS), dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a) Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana kegiatan yaitu $70\% \times \text{Rp } 1.664.600.000,- = \text{Rp. } 1.165.220.000,-$ (**Satu milyar seratus enam puluh lima juta dua ratus dua puluh ribu rupiah**),
 - b) Pembayaran Tahap Kedua/Terakhir sebesar 30% dari total bantuan dana kegiatan yaitu $30\% \times \text{Rp } 1.664.600.000,- = \text{Rp. } 499.380.000,-$ (**Empat ratus sembilan puluh sembilan juta tiga ratus delapan puluh ribu rupiah**),
 - c) Pembayaran biaya tambahan sebesar **Rp. 157.000.000,- (Seratus lima puluh tujuh juta rupiah)**
 - d) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab mutlak dalam penggunaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui.
- (3) Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% sebagaimana pada ayat (2) diberikan apabila **PIHAK KEDUA** telah melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
- (4) Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% sebagaimana dimaksud pada ayat (3) diberikan apabila **PIHAK KEDUA** telah melakukan verifikasi selambat-lambatnya tanggal 15 September 2017 atas kewajiban peneliti mengunggah ke laman **SIMLITABMAS** dokumen sebagai berikut:
 - a. Catatan harian pelaksanaan penelitian
 - b. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
- (5) Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar luaran penelitian yang sudah di validasi oleh **PIHAK PERTAMA**.

PASAL 4

- (1) Pendanaan Kontrak Penelitian sebagaimana dimaksud Pasal 2 ayat (1) dibayarkan kepada Institusi sebagai berikut.

Nama Institusi : Politeknik Negeri Sriwijaya
Nomor Rekening : 113-00-2878788-9
Nama penerima pada rekening : BPG 014 Politeknik Negeri Sriwijaya
Nama Bank : Bank Mandiri KC Palembang Arief
Alamat Bank : Jalan Kapten A. Rifai Palembang
Kota : Palembang
NPWP Perguruan Tinggi : 00.219.046.0-307.000

- (2) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggungjawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada Pasal 3, yang disebabkan oleh kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan informasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1).

PASAL 5

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menindak lanjuti dan mengupayakan pelaksanaan Penelitian yang dilakukan dosen untuk memperoleh Hak Paten atau Hak Kekayaan Intelektual lainnya, serta publikasi ilmiah untuk setiap judul proposal Penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 2 ayat (1).
- (2) Perolehan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan Hak Paten atau Hak Kekayaan Intelektual lainnya, serta publikasi ilmiah sebagaimana dimaksud pada ayat (1) secara berkala kepada **PIHAK PERTAMA**, yaitu pada setiap akhir Tahun Anggaran berjalan.

PASAL 6

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk membuat Surat sub Kontrak Penelitian.
- a. Perguruan Tinggi Negeri dengan masing-masing Ketua pelaksana untuk pengaturan hak dan kewajiban setiap pelaksana di lingkungan perguruan tingginya yang memuat antara lain: nama pelaksana, judul penelitian, jumlah dana hibah, tata cara dan termin pembayaran, waktu pelaksanaan, batas akhir pelaporan, pencantuman pemberi dana penelitian dalam publikasi ilmiah, luaran penelitian dan sanksi;
- b. Kopertis Wilayah dengan masing-masing Pimpinan PTS di wilayahnya. Selanjutnya masing-masing Pimpinan PTS membuat surat Kontrak Penelitian dengan ketua pelaksana untuk pengaturan hak dan kewajiban setiap pelaksana di lingkungan perguruan tingginya yang memuat antara lain: nama pelaksana, judul Program Penelitian, jumlah dana hibah, tata cara dan termin pembayaran, waktu pelaksanaan, batas akhir pelaporan, pencantuman pemberi dana penelitian dalam publikasi ilmiah, luaran penelitian dan sanksi;
- (2) Penilaian **kemajuan** pelaksanaan Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, setelah ketua pelaksana mengunggah laporan kemajuan pelaksanaan kegiatan ke ke laman (*website*) SIMLITABMAS, dengan berpedoman kepada prinsip-prinsip dan/atau kaidah Program Penelitian;

- (3) Perubahan-perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan.

PASAL 7

- (1) **PIHAK KEDUA** harus menyampaikan Surat Pernyataan telah menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan padalaman (*website*) SIMLITABMAS.
 - a. Catatan harian dan laporan komprehensif pelaksanaan Penelitian, pada tanggal **30 Oktober 2017**
 - b. Laporan akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profile, pada tanggal **31 Oktober 2017** (bagi penelitian tahun terakhir).
- (2) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Kontrak Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim laporan Kemajuan dan atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (3) Peneliti/Pelaksana Penelitian yang tidak hadir dalam kegiatan Pemonitoran dan Evaluasi tanpa pemberitahuan sebelumnya kepada Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, maka Pelaksanan Penelitian tidak berhak menerima sisa dana tahap kedua sebesar 30%.
- (4) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima harus disetorkan kembali ke kas negara

PASAL 8

- (1) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada Pasal 7 ayat (1) ditulis dalam format font Times New Romans ukuran 12 spasi 1,5 kertas A4 pada bagian bawah sampul (*cover*) ditulis :

Dibiayai oleh:

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2017

- (2) *Softcopy* laporan hasil program penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus diunggah ke laman (*website*) SIMLITABMAS sedangkan *hardcopy* harus disimpan oleh **PIHAK KEDUA**.

PASAL 9

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** berhenti dari jabatannya, sebelum Kontrak Penelitian ini selesai, maka **PIHAK KEDUA** wajib menyerah terimakan tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya, dibuktikan dengan adanya Berita Acara Serah Terima (BAST) yang ditandatangani oleh kedua belah pihak.
- (2) Apabila setiap Ketua Pelaksana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (4) tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk pengganti Ketua Pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan.

- (3) Apabila setiap ketua Peneiliti mengundurkan diri sebagai ketua harus diganti dengan anggota tim syarat ketentuan yang ada, jika tidak ada dana kembalikan ke Kas Negara.

PASAL 10

PIHAK KEDUA berkewajiban memungut dan menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa:

1. pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
2. pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

PASAL 11

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari Pelaksanaan Penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan.
- (2) Setiap publikasi, makalah dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan **PIHAK PERTAMA** sebagai pemberi dana.
- (3) Hasil Penelitian berupa peralatan dan/atau peralatan yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara, dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).
- (4) Apabila terdapat hal-hal lain yang belum diatur dalam Kontrak Penelitian ini dan memerlukan pengaturan, maka akan diatur kemudian oleh **PARA PIHAK** pihak melalui amandemen Kontrak Penelitian ini dan/atau melalui pembuatan perjanjian tersendiri yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Kontrak Penelitian ini

PASAL 12

- (1) **PARA PIHAK** dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam Kontrak Penelitian disebabkan atau diakibatkan oleh peristiwa atau kejadian diluar kekuasaan **PARA PIHAK** yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (*force majeure*).
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (*force majeure*) dalam Kontrak Penelitian ini adalah bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru-hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan Kontrak Penelitian ini.
- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (*force majeure*) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan memaksa (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak yang berwajib, dan **PARA PIHAK** dengan itikad baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

PASAL 13

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan Kontrak Penelitian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses Hukum yang berlaku dengan memilih domisili Hukum di Pengadilan Negeri Jakarta Pusat
- (2) Hal-hal yang belum diatur dalam Kontrak Penelitian ini akan diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

Berita Acara ini dibuat rangkap 3 (tiga) untuk dipergunakan sesuai dengan keperluan.

PIHAK PERTAMA

Ocky Karwa Radjasa
NIP. 19651029-199003 1 001



PIHAK KEDUA

Ir. Jaksen M. Amin, M.si
NIP 19620904 199003 1 002

PASAL 14

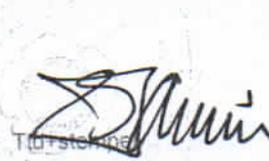
Kontrak Penelitian ini dibuat rangkap 3 (tiga) bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya materai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA



Ocky Karnas Radjasa
NIP. 19651029 199003 1 001

PIHAK KEDUA



Ir. Jaksen M. Amin, M.si
NIP 19620904 199003 1 002

LAMPIRAN KONTRAK PENELITIAN TAHUN 2017

NOMOR SPPK : 050 /SP2H/LT/DRPM/IV/2017
 PERGURUAN TINGGI/KOPERTIS : Politeknik Negeri Sriwijaya
 TANGGAL DIPA : Revisi 1 Tanggal 18 Januari 2017
 NOMOR DIPA : SP DIPA-042.06-0/2017
 UNIT ORGANISASI : Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
 KEMENTERIAN/LEMBAGA : Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi

RISET TERAPAN

22 Judul

Energi dan Energi Terbarukan

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA PENELITIAN	DANA TAMBAHAN
1	MARTHA AZNURY	RANCANG ALAT BIODIGESTER UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI MINYAK KELAPA SAWIT UNTUK MEMPRODUKSI BIOMETAN DAN PUPUK	Rp. 95.000.000 (100%)	Rp. 100.000.000
	0019067006		Rp. 66.500.000 (70%)	
	Status usulan: Lanjutan		Rp. 28.500.000 (30%)	
2	YOHANDRI BOW	PENGEMBANGAN METODA MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP) POLISULFAN DAN APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK	Rp. 70.000.000 (100%)	Rp. 15.000.000
	0023107103		Rp. 49.000.000 (70%)	
	Status usulan: Lanjutan		Rp. 21.000.000 (30%)	
3	SARJANA	OTOMATISASI SISTEM PENGELOMPOKAN BUAH KOPI DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA KLASTERISASI K - MEANS SEBAGAI KUANTISASI WARNA CITRA	Rp. 50.000.000 (100%)	Rp.
	0006116907		Rp. 35.000.000 (70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000 (30%)	
4	ERLINAWATI	PRODUKSI ENERGI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS AIR DAN KOROSI LOGAM ALUMINIUM PADA REAKTOR ACE (ALUMINIUM CORROSION AND ELECTROLYSIS)	Rp. 59.000.000 (100%)	Rp.
	0005076115		Rp. 41.300.000 (70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 17.700.000 (30%)	
5	TRI WIDAGDO	Pengoperasian Mesin Genset 3500 Watt menggunakan Bahan Bakar Gas Metane dengan Metode Vacuum Valve	Rp. 57.250.000 (100%)	Rp.
	0003096110		Rp. 40.075.000 (70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 17.175.000 (30%)	

SUBTOTAL DANA Energi dan Energi Terbarukan	Rp. 331.250.000	(100%)	Rp. 115.000.000
	Rp. 231.875.000	(70%)	
	Rp. 99.375.000	(30%)	

Material Maju

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA PENELITIAN	DANA TAMBAHAN
1	ABU HASAN	Tanah Liat Sebagai Bahan Pengisi Pada Kompon Karet Alam	Rp. 100.000.000	Rp.
			Rp. 70.000.000	
	0023106402		Rp. 30.000.000	
	Status usulan: Baru			
2	DICKY SEPRIANTO	DESAIN DAN RANCANG BANGUN SUVENIR KHAS KOTA PALEMBANG MENGGUNAKAN TEKNOLOGI CAD DAN ADDITIVE MANUFACTURING	Rp. 55.000.000	Rp.
			Rp. 38.500.000	
	0016097704		Rp. 16.500.000	
	Status usulan: Baru			
3	ROBERT JUNAIDI	LUMPUR LAPINDO (LULA) SEBAGAI BAHAN BAKU SUBSTITUSITANAH LIAT (CLAY) PADA PEMBUATAN SEMEN PORTLAND	Rp. 60.000.000	Rp.
			Rp. 42.000.000	
	0012076607		Rp. 18.000.000	
	Status usulan: Baru			
4	DIDI SURYANA	PEMANFAATAN MINYAK SAYUR SEBAGAI CAIRAN PENDINGIN ALTERNATIF PADA MESIN CNC-MILL 3A	Rp. 50.000.000	Rp.
			Rp. 35.000.000	
	0013066008		Rp. 15.000.000	
	Status usulan: Baru			
5	SITI CHODIJAH	PERANCANGAN ALAT PEMBUATAN PAPAN PARTIKEL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN PEREKAT KULIT BATANG JAMBU BIJI	Rp. 50.000.000	Rp.
			Rp. 35.000.000	
	0028126206		Rp. 15.000.000	
	Status usulan: Baru			
SUBTOTAL DANA Material Maju			Rp. 315.000.000	Rp.
			Rp. 220.500.000	
			Rp. 94.500.000	

Pangan dan Pertanian

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA PENELITIAN	DANA TAMBAHAN
----	---------------	------------------	-----------------	---------------

1	INDRA GUNAWAN	Pengaruh Modifikasi Gate Valve dan Tube Heat Exchanger terhadap kualitas dan kuantitas Asap Cair hasil pengolahan Limbah Ikan	Rp. 57.500.000	(100%)	Rp.
	0011116503		Rp. 40.250.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 17.250.000	(30%)	
SUBTOTAL DANA Pangan dan Pertanian			Rp. 57.500.000	(100%)	Rp.
			Rp. 40.250.000	(70%)	
			Rp. 17.250.000	(30%)	

Sosial Humaniora, Seni Budaya, Pendidikan Penelitian Lapangan Dalam Negeri (Kecil)

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA PENELITIAN		DANA TAMBAHAN
1	WELLY ARDIANSYAH	Pengembangan Model Pembelajaran Pemahaman Membaca Bahasa Inggris Mahasiswa Rekayasa dan Non-Rekayasa Politeknik Negeri Sriwijaya untuk Meningkatkan Penguasaan Kosakata, Pemahaman Membaca, dan Nilai-Nilai Sosial: Sebuah Kajian Pendekatan Sosial Konstr	Rp. 100.000.000	(100%)	Rp.
	0017087406		Rp. 70.000.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 30.000.000	(30%)	
SUBTOTAL DANA Sosial Humaniora, Seni Budaya, Pendidikan Penelitian Lapangan Dalam Negeri (Kecil)			Rp. 100.000.000	(100%)	Rp.
			Rp. 70.000.000	(70%)	
			Rp. 30.000.000	(30%)	

Teknologi Informasi dan Komunikasi

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA PENELITIAN		DANA TAMBAHAN
1	AHYAR SUPANI	RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI BANJIR DENGAN LOGIKA FUZZY BERBASIS SMS GATEWAY DAN REKAM DATA	Rp. 65.000.000	(100%)	Rp. 10.000.000
	0011026802		Rp. 45.500.000	(70%)	
	Status usulan: Lanjutan		Rp. 19.500.000	(30%)	
2	DEWI PERMATA SARI	PENA ELEKTRONIK UNTUK MEMBANTU PEMBACAAN BAGI TUNA RUNGU DAN TUNA NETRA	Rp. 50.000.000	(100%)	Rp.
	0013127602		Rp. 35.000.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)	
3	LENI NOVIANTI	Aplikasi Pemetaan Bantuan Raskin Dengan Metode Fuzzy AHP Berbasis Sistem Informasi Geografis	Rp. 50.000.000	(100%)	Rp.
	0031107701		Rp. 35.000.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)	

4	EKAWATI PRIHATINI	MONITORING KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR MACHINE SEBAGAI POLUTAN KLASIFIKER	Rp. 54.600.000	(100%)	Rp.
	0010037901		Rp. 38.220.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 16.380.000	(30%)	
5	IKHTHISON MEKONGGA	RANCANG BANGUN APB (AUTOMATIC PATIENT BEDS) PASCA OPERASI BERBASIS RADIO CONTROL	Rp. 50.000.000	(100%)	Rp.
	0024057702		Rp. 35.000.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)	
6	SLAMET WIDODO	Perancangan Alat Pendeteksi Kadar Gas Berbahaya CO,CO2 dan CH4 Dalam Ruang Tertutup Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis SMS Gateway	Rp. 50.000.000	(100%)	Rp.
	0016057302		Rp. 35.000.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)	
7	HETTY MEILENI	Perancangan Aplikasi Mobile Objek Wisata Provinsi Sumatera Selatan Berbasis GIS	Rp. 50.000.000	(100%)	Rp.
	0014057906		Rp. 35.000.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)	
8	SUZAN ZEFI	Pengembangan Perangkat Lunak untuk Menganalisis Kinerja dari Physical Layer pada Sistem Worldwide Interoperability for Microwave Access	Rp. 50.000.000	(100%)	Rp.
	0025097702		Rp. 35.000.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)	
9	HARTATI DEVIANA	SISTEM APLIKASI PERPUSTAKAAN DIGITAL BERBASIS MOBILE DENGAN MENGGUNAKAN FRAMEWORK PHONEGAP	Rp. 50.000.000	(100%)	Rp.
	0026057409		Rp. 35.000.000	(70%)	
	Status usulan: Baru		Rp. 15.000.000	(30%)	
SUBTOTAL DANA Teknologi Informasi dan Komunikasi			Rp. 469.600.000	(100%)	Rp. 10.000.000
			Rp. 328.720.000	(70%)	
			Rp. 140.880.000	(30%)	

Transportasi

NO	NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	DANA PENELITIAN	DANA TAMBAHAN
----	---------------	------------------	-----------------	---------------

1	IRAWAN MALIK	Desain, Manufaktur dan Pengujian Sistem Alat Angkat Manual untuk Kegiatan Perawatan & Perbaikan Sepeda Motor di Bengkel Umum	Rp. 70.000.000	(100%)	Rp. 10.000.000
			Rp. 49.000.000	(70%)	
	0015105805		Rp. 21.000.000	(30%)	
	Status usulan: Lanjutan				
SUBTOTAL DANA Transportasi			Rp. 70.000.000	(100%)	Rp. 10.000.000
			Rp. 49.000.000	(70%)	
			Rp. 21.000.000	(30%)	
SUBTOTAL DANA RISET TERAPAN			Rp. 1.343.350.000	(100%)	Rp. 135.000.000
			Rp. 940.345.000	(70%)	
			Rp. 403.005.000	(30%)	
TOTAL DANA KESELURUHAN			Rp. 1.343.350.000	(100%)	Rp. 135.000.000
			Rp. 940.345.000	(70%)	
			Rp. 403.005.000	(30%)	
TOTAL JUDUL KESELURUHAN					22 Judul

Jakarta, Maret 2017

Direktur Riset dan Pengabdian

Masyarakat,



LAMPIRAN KONTRAK PENELITIAN TAHUN 2017

NOMOR SPPK : 050 /SP2H/LT/DRPM/IV/2017
 PERGURUAN TINGGI/KOPERTIS : Politeknik Negeri Sriwijaya
 TANGGAL DIPA : Revisi 1 Tanggal 18 Januari 2017
 NOMOR DIPA : SP DIPA-042.06-0/2017
 UNIT ORGANISASI : Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
 LEMBAGA/DEPARTEMEN : Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi

Penelitian Disertasi Doktor

NO	KETUA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	LUARAN WAJIB	LUARAN TAMBAHAN	DANA PENELITIAN	DANA TAMBAHAN
1	NYAYU LATIFAH HUSNI 0003057603 Status usulan: Baru	IMPLEMENTASI SVM-FUZZY PADA ROBOT SWARM UNTUK OPTIMISASI Pencarian Sumber Bau	1. draf disertasi yang telah disetujui promotor; dan 2. publikasi ilmiah dalam jurnal internasional bereputasi.		Rp. 53.000,000 (100%)	Rp. 7.000,000
					Rp. 37.100,000 (70%)	
					Rp. 15.900,000 (30%)	
2	MARIESKA LUPIKAWATY 0022038103 Status usulan: Baru	Alokasi Waktu dan Konsumsi Penitipan Anak Usia Dini Dari Ibu Bekerja di Kota Palembang	1. draf disertasi yang telah disetujui promotor; dan 2. publikasi ilmiah dalam jurnal internasional bereputasi.		Rp. 50.000,000 (100%)	Rp. 5.000,000
					Rp. 35.000,000 (70%)	
					Rp. 15.000,000 (30%)	
3	ADE SILVIA HANDAYANI 0030097604 Status usulan: Baru	PENGEMBANGAN ALGORITMA KONTROLER INTERVAL TYPE-2 FUZZY LOGIC UNTUK FORMASI KONTROL PADA ROBOT SWARM	1. draf disertasi yang telah disetujui promotor; dan 2. publikasi ilmiah dalam jurnal internasional bereputasi.		Rp. 50.000,000 (100%)	Rp. 5.000,000
					Rp. 35.000,000 (70%)	
					Rp. 15.000,000 (30%)	
4	FARIDAH 0008075913 Status usulan: Baru	IMPLIKASI DETERMINAN KINERJA KEUANGAN DAN DMPAKNYA TERHADAP HARGA SAHAM PERUSAHAAN MANUFAKTUR DI BURSA EFEK JAKARTA UNTUK PERIODE TAHUN 2010-2014	1. draf disertasi yang telah disetujui promotor; dan 2. publikasi ilmiah dalam jurnal internasional bereputasi.		Rp. 52.000,000 (100%)	Rp. 5.000,000
					Rp. 36.400,000 (70%)	
					Rp. 15.600,000 (30%)	

Penelitian Dosen Pemula

NO	KETUA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	LUARAN WAJIB	LUARAN TAMBAHAN	DANA PENELITIAN	DANA TAMBAHAN
----	----------------	------------------	--------------	-----------------	-----------------	---------------

1	MUHAMMAD ARIS GANIARDI 0214018101 Status usulan: Baru	REFACTORIZING OBJEK MENJADI ASPEK PADA PERANGKAT LUNAK E-COMMERCE MENGGUNAKAN METODE EKSTRAKSI	1. Prosiding pada seminar ilmiah baik yang berskala lokal, regional maupun nasional; dan 2. Pengayaan bahan ajar	Rp. 18,750,000 (100%) Rp. 13,125,000 (70%) Rp. 5,625,000 (30%)	Rp.
2	M MIFTAKUL AMIN 0217127901 Status usulan: Baru	PENGEMBANGAN LAYANAN WEB BASED DECISION SUPPORT SYSTEM JOB PLACEMENT SEBAGAI MODEL BUSINESS TO BUSINESS (B2B) ANTARA PERGURUAN TINGGI DAN STAKEHOLDER	1. Prosiding pada seminar ilmiah baik yang berskala lokal, regional maupun nasional; dan 2. Pengayaan bahan ajar	Rp. 20,000,000 (100%) Rp. 14,000,000 (70%) Rp. 6,000,000 (30%)	Rp.
3	LETY TRISNALIANI 0203047804 Status usulan: Baru	Pemisahan Gliserol dari Produk Biodiesel Minyak Jelantah dengan Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RTAB) menggunakan Metode Elektrolisa Tegangan Tinggi	1. Prosiding pada seminar ilmiah baik yang berskala lokal, regional maupun nasional; dan 2. Pengayaan bahan ajar	Rp. 20,000,000 (100%) Rp. 14,000,000 (70%) Rp. 6,000,000 (30%)	Rp.
4	YULI ANTINA ARYANI 0015077807 Status usulan: Baru	Analisis Kinerja Pelayanan Publik PD Pasar Kota Palembang	1. Prosiding pada seminar ilmiah baik yang berskala lokal, regional maupun nasional; dan 2. Pengayaan bahan ajar	Rp. 17,500,000 (100%) Rp. 12,250,000 (70%) Rp. 5,250,000 (30%)	Rp.
5	INDAH PURNEMASARI 0027038701 Status usulan: Baru	Kinetika Adsorpsi Fe dan Mn dengan Memanfaatkan Abu Terbang (Fly Ash) PT. Semen Baturaja dalam Air Asam Tambang	1. Prosiding pada seminar ilmiah baik yang berskala lokal, regional maupun nasional; dan 2. Pengayaan bahan ajar	Rp. 20,000,000 (100%) Rp. 14,000,000 (70%) Rp. 6,000,000 (30%)	Rp.
6	MARTINUS MUJUR ROSE 0002127405 Status usulan: Baru	Desain Model Software dan Hardware Pembangkitan Sinyal sebagai Alat Bantu dalam Proses Penciptaan Notasi Lagu dan Aransemen Paduan Suara serta Konversi Partitur Lagu	1. Prosiding pada seminar ilmiah baik yang berskala lokal, regional maupun nasional; dan 2. Pengayaan bahan ajar	Rp. 20,000,000 (100%) Rp. 14,000,000 (70%) Rp. 6,000,000 (30%)	Rp.

Total Dana	Rp. 321,250,000 (100%)	Rp. 22,000,000
	Rp. 224,875,000 (70%)	
	Rp. 96,375,000 (30%)	

Total Judul	10 Judul
-------------	-----------------

Jakarta, 3 April 2017

Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat



Ocky Karna Radjasa

NIP. 196510291990031001

**SURAT PERNYATAAN TANGGUNGJAWAB MUTLAK
KONTRAK PENELITIAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ir. Jaksen M. Amin, M.si
NIP : 19620904 199003 1 002
Jabatan : Kepala UPPM
Institusi : Politeknik Negeri Sriwijaya
No. SP2H : 050/SP2H/LT/DRPM/IV/2017
Jumlah Judul : 32 Judul
Jumlah Dana : Rp. 1.821.600.000,-

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana Kontrak Penelitian dan berkewajiban untuk menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan;
2. Berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke Kas Negara;
3. Bertanggungjawab penuh atas data administrasi pelaksana penerima dana Kontrak Penelitian;
4. Berkewajiban untuk menindaklanjuti dan mengupayakan hasil Kontrak Penelitian yang dilakukan terlaksana secara efektif dan efisien;
5. Berkewajiban untuk menyimpan hardcopy dan softcopy Laporan Kemajuan dan Laporan Akhir Kontrak Penelitian.

Jakarta,
Kepala UPPM



Ir. Jaksen M. Amin, M.si
NIP. 19620904 199003 1 002



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Lt.4 Gedung D Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270
Telepon: (021) 57946042 Fax: (021) 57946085

BERITA ACARA PEMBAYARAN

Nomor : **050/BAP/LT/V/2017**

Pada hari ini **Jum'at** tanggal **Dua belas** bulan **Mei** tahun **Dua ribu tujuh belas** yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : **Ocky Karna Radjasa**
Jabatan : **Pejabat Pembuat Komitmen Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi**
Alamat : **Jalan Pintu Satu Senayan Jakarta**

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, dalam Berita Acara pembayaran ini selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**.

2. Nama : **Ir. Jaksen M. Amin, M.si**
Jabatan : **Kepala UPPM**
NPWP : **00.219.046.0-307.000**
Alamat : **Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang**

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama **Politeknik Negeri Sriwijaya** Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang yang selanjutnya dalam Berita Acara Pembayaran ini disebut sebagai **PIHAK KEDUA**

- A. Berdasarkan :
- No. dan tanggal DIPA : **SP DIPA-042.06.1.401516/2017, tanggal 7 Desember 2016 Revisi 01 tanggal 18 Januari 2017**
 - No. dan Tanggal SP2H : **050/SP2H/LT/DRPM/IV/2017 tgl 25 April 2017**
 - Nilai SP2H : **Rp. 1.821.600.000,-
(Satu milyar delapan ratus dua puluh satu juta enam ratus ribu rupiah)**
 - Uraian Pekerjaan : **Pelaksanaan Kontrak Penelitian**

- B. Berdasarkan Surat Perjanjian Penugasan tersebut, maka **PIHAK KEDUA** berhak menerima pembayaran dari **PIHAK KESATU** dengan rincian sebagai berikut :

1. Pembayaran Tahap I (satu) 70%
2. Perhitungan Pembayaran
- | | |
|---|---------------------|
| a. Jumlah pembayaran fisik s/d BAP ini | Rp. 1.165.220.000,- |
| b. Jumlah pembayaran fisik s/d BAP lalu | Rp. _____ (+) |
| c. Jumlah pembayaran fisik s/d BAP ini | Rp. 1.165.220.000,- |

- C. Pihak kedua setuju atas jumlah pembayaran tersebut diatas dan dibayarkan melalui **Bank Mandiri KC Palembang Arief** Rekening No. **113-00-2878788-9** atas nama **BPG 014 Politeknik Negeri Sriwijaya**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN
PENDIDIKAN TINGGI DIREKTORAT
JENDERAL PENGUATAN RISET DAN
PENGEMBANGAN

Tahun Anggaran : 2017
Nomor Bukti :
Mata Anggaran :

KUITANSI

Sudah terima dari : PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT

Uang sebesar (dengan huruf) : == Satu milyar seratus enam puluh lima juta dua ratus dua puluh ribu rupiah ==

Untuk pembayaran : Biaya Kontrak Penelitian Tahap I (Satu) sebesar 70%, sesuai SP2H No. 050/SP2H/LT/DRPM/IV/2017

Rp. 1.165.220.000,-

A.n. Kuasa Pengguna Anggaran
Pejabat Pembuat Komitmen

Ocky Karna Radjasa
NIP. 19651029 199003 1 001



Jakarta,
Politeknik Negeri Sriwijaya,

Ir. Jaksen M. Amin, M.si
NIP 19620904 199003 1 002



**LAPORAN AKHIR
TAHUN II**

PENELITIAN PRODUK TERAPAN



**PENGEMBANGAN METODE *MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER* (MIP)
POLISULFAN DAN APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK**

Tahun ke-2 dari rencana 2 tahun

Dibiayai oleh:

**Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian
Nomor: 050/SP2H/LT/DRPM/IV/2017 Tanggal 25 April 2017**

TIM PENELITI

Yohandri Bow, ST, M.S.	NIDN 0023107103
Hairul, ST, MT	NIDN 0026116508
Ibnu Hajar, S.T., M.T.	NIDN 0016027102

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
NOVEMBER 2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PENGEMBANGAN METODA MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER (MIP) POLISULFAN DAN APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : YOHANDRI BOW, S.T
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya
NIDN : 0023107103
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Energi
Nomor HP : 0811-7109779
Alamat surel (e-mail) : andre_bow@yahoo.com ; yohandribow@gmail.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : HAIRUL S.T., M.T.
NIDN : 0026116508
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya

Anggota (2)
Nama Lengkap : IBNU HAJAR S.T
NIDN : 0016027102
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 70.000.000
Biaya Keseluruhan : Rp 120.000.000

Menyetujui,
Kepala PPPM



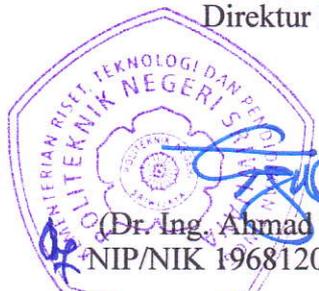
(Ir. Jaksen M. Amin, M.Si.)
NIP/NIK 196209041990031002

Palembang, 2 - 11 - 2017
Ketua,



(YOHANDRI BOW, S.T)
NIP/NIK 197110231994031002

Mengetahui,
Direktur Polsri



(Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.)
NIP/NIK 196812041997031001

RINGKASAN

Molecularly Imprinted Polymers (MIP) adalah teknik untuk menghasilkan suatu polimer yang memiliki rongga (*cavities*) yang spesifik akibat penguangan template. MIP endosulfan merupakan MIP dengan template endosulfan yang merupakan salah satu jenis herbisida. MIP dapat diaplikasikan pada elektroda. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum pembuatan MIP endosulfan dengan metode pendinginan dan pemanasan, karakterisasi MIP endosulfan yang dihasilkan menggunakan SEM dan menguji kinerja elektroda aluminium-karbon berbasis MIP endosulfan sebagai sensor secara potensiometri. Terdapat beberapa tahapan dalam rancang bangun elektroda berbasis MIP endosulfan yaitu pembuatan MIP endosulfan, pelapisan MIP endosulfan pada permukaan elektroda aluminium-karbon, dan melakukan uji kinerja elektroda secara potensiometri. MIP endosulfan yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan SEM. Hasil karakterisasi menunjukkan adanya perbedaan jumlah pori antara MIP tanpa dan dengan pencucian. Kondisi optimum pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) endosulfan diperoleh kondisi optimum dengan komposisi 6,02 mL kloroform; endosulfan 0,025 g; 0,9 mL MAA; 1,57 mL EGDMA; 0,07 g BPO dengan waktu pemanasan selama 150 menit pada temperatur 70°C. Uji kinerja sensor dilakukan secara potensiometri dan diperoleh sensor MIP simazin yang dibuat memiliki sensitivitas dan stabilitas pada rentang konsentrasi 0,01-1,0 x10⁻³ ppm dengan batas deteksi sebesar 0,01x10⁻³ ppm, sedangkan rentang konsentrasi endosulfan 0,01-1,0x10⁻⁶ ppm dan *life time* mencapai 90 hari. Model kinetika reaksi adsorpsi MIP endosulfan yang paling sesuai adalah Isoterm Temkin dengan nilai A_T sebesar 1,79 x 10⁷ L/mg, dengan nilai B (*Constant related to heat of sorption*) sebesar 6 x 10⁻⁸ J/mol dan b (konstanta temkin isoterm) 4,13 x 10¹⁰. Ralat yang didapatkan (R²) sebesar 0,9186. Nilai ralat ini lebih besar jika dibandingkan dengan model Langmuir isoterm dan Freundlich isoterm.

PRAKATA

Alhamdulillah, peneliti ucapkan rasa syukur kepada Allah SWT, karena atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, penyelesaian Laporan Akhir Penelitian Produk Terapan Tahun II (2017) dapat terselesaikan.

Laporan Akhir Penelitian Produk Terapan dengan judul "Pengembangan Metode Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Polisulfan dan Aplikasinya sebagai Sensor".

Pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. DRPM Jakarta yang telah membiayai penelitian ini.
2. Politeknik Negeri Sriwijaya dan P3M Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan izin dan memfasilitasi penelitian ini.
3. Laboratorium Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya dan Laboratorium Bioproses Terpadu Universitas Lampung yang telah membantu peneliti menganalisis sampel.
4. Semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada tim peneliti dalam menyelesaikan Penelitian Produk Terapan ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Peneliti menyadari sepenuhnya atas keterbatasan ilmu maupun dari segi penulisan yang menjadikan laporan ini tak lepas dari kesalahan. Peneliti mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi yang memerlukannya.

Palembang, November 2017

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT	13
BAB IV. METODE PENELITIAN	14
BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	20
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	34
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel	
1. Bahan yang digunakan pada penelitian	14
2. Tahapan penelitian	15
3. Optimasi waktu pembuatan MIP	20
4. Optimasi komposisi pembuatan MIP	25
5. Parameter yang diperoleh dari plot E terhadap logaritma konsentrasi dengan Sensor aluminium-karbon hari ke-1	23
6. Parameter yang diperoleh dari plot E terhadap logaritma konsentrasi dengan sensor aluminium-karbon hari ke-20	24
7. Parameter yang diperoleh dari plot E terhadap logaritma konsentrasi dengan sensor aluminium-karbon hari ke-45	25
8. Parameter yang diperoleh dari plot E terhadap logaritma konsentrasi dengan sensor aluminium-karbon hari ke-90	26
9. Grafik stabilitas sensor MIP endosulfan	29

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar	
1. Skema ilustrasi proses pembuatan molecularly imprinted polymer (MIP)	9
2. Diagram blok pembuatan NIP/MIP	18
3. Proses pembuatan sensor dan uji kinerja sensor	19
4. SEM image dari MIP endosulfan	22
5. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi pada sensor aluminium karbon hari ke-1	23
6. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi pada sensor aluminium karbon hari ke-20	24
7. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi pada sensor aluminium karbon hari ke-45	25
8. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi pada sensor aluminium karbon hari ke-90	26
9. Grafik reipabilitas sensor MIP endosulfan hari ke-1	27
10. Grafik reipabilitas sensor MIP endosulfan hari ke-20	27
11. Grafik reipabilitas sensor MIP endosulfan hari ke-45	28
12. Grafik reipabilitas sensor MIP endosulfan hari ke-90	28
13. Grafik stabilitas sensor MIP endosulfan	29
14. Adsorpsi isoterm Langmuir terhadap endosulfan	31
15. Isoterm Freundlich untuk endosulfan	32
16. Isoterm Temkin untuk Endosulfan	32
17. Isoterm DRK untuk endosulfan	33

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini penggunaan sensor sudah sangat umum dijumpai dalam banyak peralatan modern. Disadari atau tidak hampir setiap hari manusia bersentuhan dengan komponen yang dinamakan sensor. Sensor merupakan suatu elemen sistem yang dapat menangkap dan memfiltrasi fenomena fisika maupun kimia, kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik baik berupa arus listrik maupun tegangan listrik. Sekarang, penggunaan sensor dalam mengenal benda asing yang terdapat pada lingkungan sekitar telah amat berkembang.

Molecular imprinting merupakan suatu metoda yang ditawarkan untuk membuat material polimer yang dapat diaplikasikan sebagai sensor untuk mengenal benda asing “target”, sensor pengenal unsur kimiawi dan biologis (Chen, 2004; Thoelen, 2008; Mazzota, 2008), seperti yang ada pada obat-obatan, makanan (Sadeghi, 2006; Liang, 2009). *Molecular Imprinting Polymer* (MIP) adalah suatu metodologi yang dikembangkan untuk menghasilkan rongga (*cavities*) dari molekul khusus yang kelakuannya meniru ikatan reseptor pada tempatnya. Satu jenis MIP tertentu dimungkinkan untuk dapat mengenali beberapa target. Setelah penumbuhan, *template* dibuang dan polimer tanpa *template* mampu mengenal kehadiran molekul *template* dengan derajat kemampuan yang tinggi (Komiyama, 2003).

Berkaitan dengan sifat sensing yang dimiliki MIP, maka polimer ini sangat mungkin untuk diaplikasikan sebagai material sensor. Beberapa penggunaan polimer sebagai pengenal dalam sensor kimia telah banyak dilakukan. Film MIP (di atas emas) telah diterapkan untuk sensor amperometrik guna mendeteksi adanya morpin, telah pula dilaporkan sensor voltametrik menggunakan film MIP di atas karbon gelas untuk mengenal adanya dopamin. Pengembangan metoda transduksi sinyal lainnya juga telah disampaikan seperti sensor QCM untuk menentukan adanya ion Cu (II) dalam larutan (Yang, 2009), dan amprometrik untuk mendeteksi adanya 5-aminophenol (Neto, 2011).

Endosulfan sebagai bahan berbahaya yang biasanya banyak terkandung dalam herbisida dan juga dalam lingkungan air berhasil dideteksi keberadaannya menggunakan

sensor potensiometrik MIP (Agustino, 2006). Mereka berhasil membuat sensor dengan waktu respon kurang dari 10 detik dan life time lebih dari 2 bulan. Sensor potensiometrik merupakan suatu sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan yang merespon perubahan aktivitas dalam larutan uji. Belmont dan kawan-kawan (Belmont, 2007) juga telah berhasil mengukur konsentrasi endosulfan hingga 1,7 ppm menggunakan sensor MIP yang ditumbuhkan di atas substrat gelas.

Beberapa penggunaan polimer sebagai pengenal dalam biosensor telah banyak dilakukan. Kebanyakan peneliti membuat *device sensing* ini menggunakan film atau membran yang sangat tipis (Kitade, 2004; Zhou, 2005) dengan permasalahan sulitnya dalam persiapan, kemampuan reproduksibilitas kecil dan kemungkinan interferensi.

Pada penelitian ini, larutan pre-polimer merupakan campuran dari endosulfan sebagai *template*, MAA sebagai monomer, EDMA sebagai *cross-linker*, dan terakhir 2,2'-azobis isobutironitril (AIBN) sebagai inisiator. Pemilihan AIBN ini karena selain harganya murah, juga karena zat ini memiliki radikal bebas yang stabil sehingga cenderung untuk bereaksi dengan molekul monomer dengan reaktif (Stevens, 2007). Pemilihan *cross-linker* dan pelarut yang tepat, serta proses penumbuhan yang sesuai juga akan berpengaruh pada polimer yang dihasilkan.

Sifat sensing merupakan bagian penting dari polimer berbasis MIP. Sifat ini sangat bergantung pada karakteristik rongga yang dihasilkan. Rongga yang diperoleh dari proses pembuangan *template* ketika polimer telah terbentuk sebagai padatan ini akan menentukan kualitas polimer yang dihasilkan. Polimer dengan rongga yang memiliki sifat fisika-kimia dan bentuk ruang yang sama dengan *template* akan mampu mengenal target dengan baik (Komiyama, 2003). Ketika hasil pengujian sifat sensing dari partikel MIP tersebut baik, maka diindikasikan bahwa polimer ini berpotensi untuk diterapkan sebagai elektroda kerja dari sebuah sensor potensiometrik.

Keunggulan dari metoda potensiometrik ini adalah mencakup harganya murah (voltmeter dan elektroda jauh lebih murah dibanding instrumen-instrumen saintifik modern lainnya), dan pemakaiannya mudah secara luas pada banyak molekul target. Potensiometrik bersifat nondestruktif, artinya bahwa penyisipan elektroda tidak mengubah komposisi larutan uji (Day, 2002). Potensial-potensial yang stabil sering diperoleh dengan cukup cepat. Kelemahannya adalah metoda ini tidak cocok untuk sel-sel yang melibatkan

hambatan-hambatan internal yang tinggi, seperti yang ditemukan dalam pengukuran dengan elektroda-elektroda gelas. Di sini penulis membuat lapisan MIP endosulfan selain pada bahan elektroda gelas pyrex juga pada platina, karbon grafik dan baja tahan karat (*aluminium dan gabungan aluminium-karbon-316*) untuk diterapkan di dalam sensor potensiometrik. Pemilihan *aluminium dan gabungan aluminium-karbon-316* ini didasarkan beberapa alasan, yaitu bahan ini tahan karat, tahan noda, dan harganya relatif murah.

Pada penelitian ini, sensor bekerja dengan cara mengukur tegangan sebagai respon adanya perubahan konsentrasi akibat aktivitas dalam larutan uji, dalam hal ini konsentrasi endosulfan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan hal yang telah disebutkan terdahulu, maka permasalahan yang ditinjau dalam penelitian ini adalah:

-) Bagaimana menghasilkan polimer MIP dengan rongga yang berkualitas, yaitu memiliki jumlah yang banyak dan mampu menangkap/mengikat target dengan baik.
-) Bagaimana membuat elektroda kerja (dengan lapisan MIP endosulfan) untuk rangkaian sensor potensiometrik yang memiliki sensitivitas dan reproduksibilitas yang tinggi.

1.3 Keutamaan Penelitian

Keutamaan dari penelitian ini adalah **metoda** pembuatan MIP endosulfan (tanpa pengaliran nitrogen dan penyinaran dengan sinar UV), **inisiator** yang digunakan yaitu BPO. Meskipun inisiator ini sudah banyak digunakan di bidang sintesis polimer, namun tidak umum digunakan di dalam pembuatan MIP endosulfan. Selain itu penggunaan wadah *stainless-steel* yang digunakan sebagai elektroda kerja. Kelebihan dari penelitian ini adalah metoda yang digunakan lebih sederhana serta waktu yang diperlukan dalam proses pembuatan polimer lebih singkat (penyinaran dengan sinar UV untuk pembuatan MIP endosulfan umumnya dilakukan peneliti membutuhkan waktu 4 jam).

1.4 Luaran Penelitian

-) Diperolehnya sensor MIP untuk mendeteksi endosulfan pada air tercemar
-) Diperolehnya bahan ajar untuk praktikum elektrokimia pada Laboratorium Kimia Analitik, Prodi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.

J) Dari hasil penelitian ini selanjutnya dipublikasikan melalui **seminar international** pada **“International Conference-Sustainable Agriculture, Food and Energy (SAFE2017), Shah Alam-Malaysia”** pada tanggal 22-23 Agustus 2017. Artikel ilmiah akan dipublikasikan pada Jurnal Internasional “International Journal on Advanced Sciences, Engineering and Information Technology”, terindeks scopus.

1.5 Rencana Target Capaian Tahunan

No	Jenis Luaran		Indikator Capaian	
			TS ¹⁾	TS+1
1	Publikasi ilmiah ²⁾	Internasional	published	Published
		Nasional terakreditasi	draft	Submitted
2	Pemakalah dalam temu ilmiah ³⁾	Internasional	Sudah dilaksanakan	sudah dilaksanakan
		Nasional	Tidak ada	Terdaftar
3	<i>Invited Speaker</i> dalam temu ilmiah ⁴⁾	Internasional	Tidak ada	Tidak ada
		Nasional	Tidak ada	Tidak ada
4	<i>Visiting Lecturer</i> ⁵⁾	Internasional	Tidak ada	Tidak ada
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI) ⁶⁾	Paten	Tidak ada	Tidak ada
		Paten sederhana	Tidak ada	Draft
		Hak cipta	Tidak ada	Tidak ada
		Merek dagang	Tidak ada	Tidak ada
		Rahasia dagang	Tidak ada	Tidak ada
		Desain produk produksi	Tidak ada	Tidak ada
		Indikasi geografis	Tidak ada	Tidak ada
		Perlindungan varietas tanaman	Tidak ada	Tidak ada
		Perlindungan topografi sirkuit terpadu	Tidak ada	Tidak ada
6	Teknologi Tepat Guna ⁷⁾		produk	Penerapan

7	Model/purwarupa/desain/karya seni/rekayasa sosial ⁸⁾	draft	Produk
8	Buku Ajar (ISBN) ⁹⁾	draft	Draft
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) ¹⁰⁾	4	4

¹⁾ TS = tahun sekarang (tahun pertama penelitian)

²⁾ Isi dengan tidak ada, draft, *submitted*, *reviewed*, *accepted*, atau *published*

³⁾ Isi dengan tidak ada, draft, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

⁴⁾ Isi dengan tidak ada, draft, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

⁵⁾ Isi dengan tidak ada, draft, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

⁶⁾ Isi dengan tidak ada, draft, terdaftar, atau *granted*

⁷⁾ Isi dengan tidak ada, draft, produk, atau penerapan

⁸⁾ Isi dengan tidak ada, draft, produk, atau penerapan

⁹⁾ Isi dengan tidak ada, draft, proses *editing*, atau sudah terbit

¹⁰⁾ Isi dengan skala 1-9 dengan mengacu pada Bab 2 Tabel 2.7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of the Art Penelitian

Berdasarkan studi sebelumnya, pembuatan material MIP umumnya dilakukan peneliti dengan cara mengalirkan nitrogen pada larutan pre-polimer (Tehrani, 2010; Scoranno, 2011; Zeng, 2012; Balamurugana, 2012), sebelum meletakkannya ke dalam water bath pada suhu 0°C sambil disinari UV dengan waktu disesuaikan dengan material yang digunakan. Pengaliran nitrogen dimaksudkan untuk membuang molekul oksigen yang secara signifikan mengganggu proses polimerasi. Kelemahan dari pengaliran nitrogen ini secara teknis adalah sulit dilakukan ketika digunakan untuk jumlah larutan dan ukuran gelas beaker yang kecil.

Sinar UV di dalam proses pembuatan polimer akan membantu mempercepat terjadinya polimerisasi. Sinar UV ini menyebabkan insiator spontan terurai menjadi radikal bebas untuk memulai lajunya reaksi. Namun, penggunaan sinar ini memiliki kelemahan (efek negatif), yaitu adhesi pada substrat sulit dicapai dan stress pada permukaan substrat. Adhesi merupakan gaya tarik-menarik antara partikel-partikel yang tidak sejenis. Gaya ini akan mengakibatkan dua zat akan saling melekat bila dicampurkan. Penyusutan selama *curing* adalah sekitar 5-15% tergantung pada formulasi (Tafelmeimer, 2014).

2.2 Studi Pendahuluan

Peneliti telah melakukan penelitian penggunaan metode elektrokimia terhadap pembuatan elektroda untuk penentuan senyawa klorin terlarut dengan menggunakan elektroda selektif ion dengan mekanisme kerja secara elektrolisis pada katoda dan anoda (Bow, 2003), selain itu peneliti telah melakukan penelitian pendahuluan tentang senyawa fenol terlarut dengan menggunakan teknik voltametri (Bow, 2003). Selanjutnya penelitian dikembangkan dengan modifikasi potensiometer untuk menentukan kadar sianida (Bow, 2004) dan penentuan kadar sianida dengan menggunakan elektroda berlapis PVC (Bow, 2006). Pada tahun 2007, membuat elektroda komposit karbon-zeolit untuk penentuan senyawa fenol secara *adsortive stripping voltammetry* dengan memanfaatkan zeolit lokal dari daerah Muara Enim, Sumatera Selatan untuk pengukuran fenol secara in situ di

perairan sungai Musi, sedangkan pada tahun 2009 diteliti penentuan kadar fenol dengan membuat elektroda berlapis enzim.

Pada tahun 2013, telah dilakukan penelitian menggunakan metode voltametri untuk pendegradasian kadar klorin terlarut dan telah dipublikasikan pada prosiding hasil seminar "The 7th International Conference of Chemical Engineering on Science and Application (CHESA2013) dengan judul artikel "Modified Carbon Composite Electrode with Zeolite in Degradation of Dissolved Chlorine". Pada tahun 2014 melakukan penelitian aplikasi potensiometri untuk penentuan kadar karbon organik total dalam tanah. Sebagai lanjutan di tahun kedua dari penelitian Hibah Bersaing ini akan mengaplikasikan metode voltametri untuk penentuan logam-logam berat dalam tanah. Hasil penelitian ini telah dipublikasikan pada International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology Vol. 4 No. 2 (2014) dengan judul artikel "The Application of Potentiometric Methods in Determination Total Organic Carbon Content of Soil".

2.3 Peta Jalan Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan berkelanjutan, maka sangat diperlukan peta jalan penelitian (*roadmap*). Penelitian ini merupakan satu bagian penting dalam peta jalan penelitian yang telah dan akan dilakukan yang digambarkan sebagai berikut:

	2002-2004	2007-2008	2013	2014-2015	2016-2017
Riset awal	Pembuatan ESI untuk penentuan kadar senyawa terlarut dalam air	Pembuatan elektroda komposit karbon dan aplikasinya pada penentuan kadar fenol	Aplikasi metode voltametri untuk pendegradasian kadar klorin terlarut di sungai musu	Aplikasi metode potensiometri untuk penentuan kadar karbon organik total dalam tanah	Pengembangan metoda MIP endosulfan sebagai sensor potensiometrik
Metode	Voltametri di lab	Modifikasi potensiostat	Pengukuran langsung di sungai Musi	Potensiometri dan voltametri Secara in situ	Potensiometrik dengan sensor MIP
Luaran	ESI ion fenol dan sianida	Elektrod komposit karbon dan modifikasi potensiostat	ESI ion klorin	ESI CO ₂ dan modifikasi potensiostat dan galvostat secara in situ	Sistem monitoring yang terkoneksi dengan komputer

2.4 Perkembangan Teknik *Molecularly Imprinted Polymer*

Molecularly Imprinted Polymer adalah polimer yang dibuat dengan menyiapkan rongga-rongga dari molekul khusus yang disebut analit dengan bentuk ruang sesuai dengan molekul analit yang digunakan. Rongga-rongga ini dihasilkan dari proses pencucian terhadap polimer yang terbentuk dengan menggunakan pelarut yang melarutkan molekul analit tetapi tidak melarutkan polimer. Fungsi polimer MIP ini adalah sebagai bahan aktif sensor yang akan mengenal/memiliki sifat sensing terhadap molekul analit pembentuknya atau molekul lain yang memiliki sifat fisika-kimia dan dengan bentuk ruang yang mirip dengan derajat kemampuan mengenal yang tinggi (Shimizu, 2005; Scorrano, 2011).

Sampai saat ini, metoda MIP terus dikembangkan, karena selain kemudahan dalam pembuatan polimer, juga biayanya murah. Keutamaan dari teknik molekular ini adalah sifat sensing yang dimiliki polimer, sehingga memungkinkan untuk diaplikasikan dalam banyak bidang seperti untuk mengenal adanya protein (Bossi, 2007), mengenal unsur di dalam makanan (Kubo, 2008; Liang, 2009), kromatografi (Wei, 2007), dan di bidang kesehatan, seperti digunakan sebagai sensor morphin, atropine (Vasapollo, 2011).

Di dalam mempersiapkan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP), umumnya peneliti menggunakan nitrogen untuk dialirkan ke dalam larutan pre-polimer dengan tujuan membuang oksigen yang dapat mengganggu proses polimerasi (Asanuma, 2011; Tehrani, 2010; Balamurugana, 2012; Zeng, 2012), sebelum meletakkan larutan pre-polimer tersebut ke dalam *water bath* pada suhu 0C (selama waktu tertentu sesuai material yang digunakan) di bawah sinar UV.

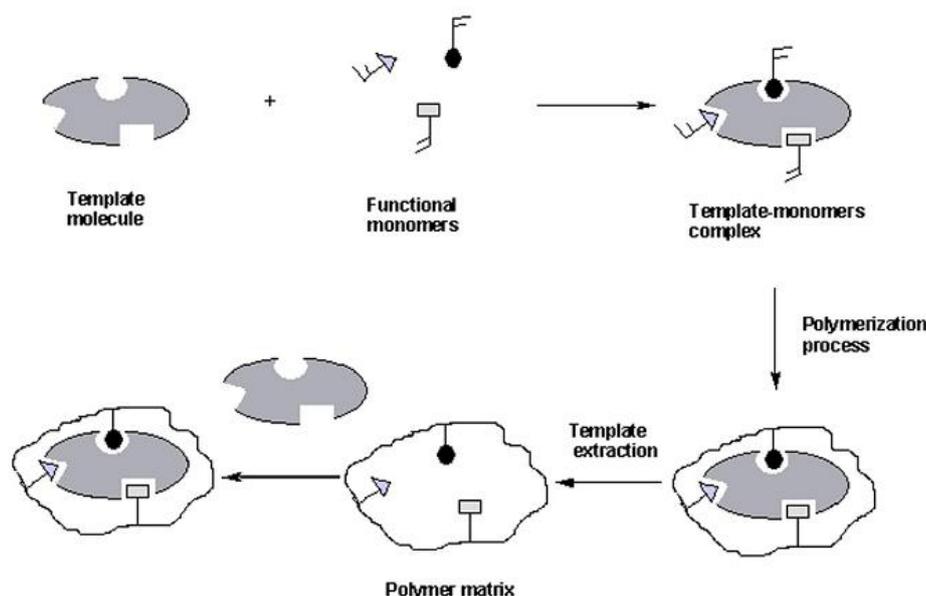
Selain itu, pada umumnya inisiator yang digunakan di dalam pembuatan MIP adalah AIBN. Namun di dalam penelitian ini digunakan inisiator *benzoly peroxide* (AIBN), yang merupakan bahan peroksida bagi monomer supaya terjadi proses penumbuhan untuk membentuk radikal-radikal benzoiloksi. AIBN ini digunakan karena memiliki keuntungan, yaitu radikal benzoiloksinya cukup stabil sehingga cenderung bereaksi dengan molekul-molekul monimer dengan lebih reaktif. Di sini suhu penumbuhan harus dijaga stabil untuk menjamin berlangsungnya laju reaksi dengan baik (Stevens, 2007).

Terkait dengan penelitian terdahulu yang telah dilakukan seperti yang digambarkan di atas, maka sisi keterbaruan dari penelitian ini adalah metoda pembuatan MIP dan optimalisasi pada substrat elektroda indikator, yaitu dengan membuat MIP endosulfan pada material *aluminium* dan *gabungan aluminium-karbon* dengan asumsi bahwa material ini merupakan suatu penghantar yang baik sehingga akan memudahkan terjadinya migrasi dari ion-ion reaktan.

Pada penelitian ini, metoda pembuatan MIP yang digunakan menjadi sangat sederhana yaitu tanpa mengalirkan nitrogen dan penyinaran UV seperti pada umumnya dilakukan oleh peneliti lain, namun tetap menghasilkan partikel MIP yang memiliki karakteristik yang baik.

2.4.1 Proses Pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer*

Secara umum, terdapat tiga tahapan besar di dalam proses pembuatan MIP, yaitu proses polimerisasi, pembuangan template (yaitu monomer yang digunakan sebagai pencetak rongga yang ditinggalkan pada polimer), dan uji sensing.



Gambar 1. Skema ilustrasi proses pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) (Komiya, 2003)

Gambar 1 menjelaskan bagaimana mulai dari proses pencampuran monomer fungsional dan molekul template (1), kemudian dilanjutkan dengan proses penumbuhan sampai semua

bahan tercampur dengan sempurna (2), dan yang terakhir adalah pembuangan template (3). Polimer MIP yang dihasilkan akan mengingat atau mengenal target yang memiliki ukuran, struktur ataupun ikatan yang serupa (pada tahapan uji sensing).

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan polimer ini adalah endosulfan sebagai template, *methacrylic acid* (MAA) sebagai monomer fungsional, *ethylene glycoldimethacrylate acid* (EDMA) sebagai *cross-linker*, AIBN sebagai inisiator, dan kloroform sebagai pelarut.

Beberapa alasan atas pemilihan bahan-bahan tersebut yaitu:

- J) Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki lahan pertanian dan perkebunan yang cukup luas. Untuk itu kebutuhan herbisida yang berfungsi sebagai pengendali gulma pengganggu tanaman tentu banyak digunakan. Sementara endosulfan (sebagai template) merupakan bahan atau racun yang terkandung di dalam herbisida. Jika pemakaian endosulfan ini dilakukan secara sembarangan akan dapat mengganggu habitat di lingkungan sekitar. Endosulfan merupakan kelompok triazin dan dua golongan amina, yang semuanya membentuk ikatan hidrogen. Jadi karena itu, *methacrylic acid* (MAA) yang merupakan gugus *carboxylic acid* dipilih sebagai monomer fungsional.
- J) Selanjutnya, supaya tercapai imprinting yang efektif, fungsional residu (turunan dari monomer fungsional) seharusnya secara seragam didistribusikan dalam jaringan polimer. Situasi ini disesuaikan dengan pemilihan *cross-linker* yang mirip monomer fungsional (sebaliknya, salah satu dari monomer fungsional atau *cross-linker* yang ditumbuhkan mendominasi terhadap yang lainnya). Di sini, EDMA dipilih karena struktur kimia dari agen *cross-linker* ini mirip MAA). Dalam campuran reaksi, MAA dan EDMA dikopolimerisasi hampir secara acak, seperti yang diinginkan, menghasilkan distribusi seragam yang dibutuhkan dari *carboxylic acid group* (gugus asam karboksilat).
- J) Di dalam pembuatan MIP ini, satu hal penting supaya imprinting non-kovalen berhasil adalah menaikkan pembentukan campuran reaksi non-kovalen (ikatan hidrogen). Jumlah pelarut harus disesuaikan dengan monomer fungsional dan template yang digunakan. Di sini, kloroform adalah pelarut yang paling baik. Pelarut ini sepenuhnya

melarutkan semua komponen reaksi tanpa mengganggu ikatan hidrogen antara endosulfan dan MAA.

2.4.2 Sensor

Sensor merupakan elemen sistem yang dapat menangkap atau memfiltrasi fenomena fisika maupun kimia, kemudian diubah menjadi sinyal listrik baik berupa arus listrik maupun tegangan listrik. Berdasarkan variabel yang di-sensing, sensor dibagi dalam dua jenis, yaitu sensor fisika dan sensor kimia. Sensor fisika merupakan suatu jenis sensor yang mendeteksi suatu besaran fisika, seperti sensor cahaya, kecepatan, gaya, suhu, dan banyak lagi lainnya. Sementara yang dimaksud sensor kimia adalah sensor yang mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan jalan merubah besaran kimia menjadi besaran listrik, contoh sensor kimia adalah sensor pH, sensor gas, sensor oksigen, biosensor.

2.4.3 Karakteristik Sensor Elektrokimia

Sensor elektrokimia dapat digambarkan menggunakan kriteria dan karakteristik umum untuk semua sensor, seperti: selektivitas, sensitivitas, reproduksibilitas, linieritas, saturasi, waktu respon dan jangkauan. Karena sensor kimia digunakan untuk identifikasi dan perhitungan, maka mereka membutuhkan selektivitas dan sensitivitas untuk spesies target yang diinginkan dalam campuran bahan kimia.

Selektivitas menggambarkan derajat dimana respon sensor hanya pada spesies terget yang diinginkan, dengan sedikit atau tanpa gangguan dari spesies non-target. **Sensitivitas** menunjukkan berapa banyak keluaran dari suatu sistem instrumen berubah ketika besaran yang sedang diukur berubah pada suatu nilai yang ditetapkan. **Reproduksibilitas** digunakan untuk menggambarkan kemampuan sebuah sistem dalam menghasilkan keluaran yang sama ketika diberi masukan konstan dengan sistem atau elemen-elemen sistem diputus dari masukannya dan kemudia dipasang kembali. **Jangkauan** variabel dari sebuah sistem adalah batas-batas di mana nilai masukan dapat berubah-ubah, sedang **waktu respon** mengidentifikasi bahwa waktu yang ditempuh setelah masukan yang diberikan pada suatu sistem atau elemen bertambah dari nol hingga suatu nilai konstan pada titik di mana sistem/elemen memberikan keluaran yang sesuai dengan persentase tertentu. Catatan bahwa untuk sensor kimia, sensitif adalah sinonim dari resolusi.

2.4.4 Sensor Potensiometrik

Sensor potensiometrik biasanya dipergunakan untuk mengukur potensial dari sel-sel galvanik. Potensial dari sel galvanik tergantung pada aktivitas dari berbagai spesies yang menjalani reaksi di dalam sel tersebut. Persamaan yang menyatakan hubungan ini disebut persamaan Nernst, mengikuti nama seorang ahli kimia fisika, Nernst. Persamaan ini digunakan pertama kali untuk menyatakan hubungan antara potensial dari sebuah elektroda ion metal-metal dan konsentrasi dari ion dalam sebuah larutan.

2.4.5 Uji Sifat Sensing Material *Molecularly Imprinted Polymer*

Keberhasilan suatu proses penumbuhan dari material MIP dapat dilakukan dengan cara menguji apakah MIP yang dibuat dapat mengenal target yang mempunyai sifat dan struktur yang sama dengan template yang digunakan. Salah satu teknik pengujian ini adalah menggunakan *high-performance liquid chromatography* (HPLC). Di sini partikel polimer diinkubasi dengan larutan dalam waktu yang cukup lama sampai kondisi setimbang. Lalu sisa polimer dibuang dengan cara disentrifuga. Konsentrasi target dalam fase cairan (C) ditentukan dengan HPLC. Target yang dipilih dianalisa dengan membandingkan angka ini dengan sejumlah target yang terikat dengan sejumlah target yang terikat per unit berat polimer.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendesain dan membuat suatu sensor potensiometrik yang memiliki waktu respon yang pendek serta selektivitas dan reproduksibilitas yang tinggi berdasarkan *Molecularly Imprinted Polymer (MIP)* untuk mendeteksi endosulfan.
2. Merancang sistem monitoring pestisida endosulfan yang terkoneksi dengan komputer untuk memudahkan proses analisis.
3. Membuat model kinetika reaksi adsorpsi endosulfan.

3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Membantu pemerintah dalam mengontrol jumlah residu pestisida khususnya endosulfan pada lingkungan.
2. Dapat melakukan pengukuran residu pestisida endosulfan secara cepat dan terpadu
3. Pengembangan sensor potensiometrik berbasis *Molecularly Imprinted Polymer (MIP)* dalam monitoring lingkungan.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Maret 2017 sampai Oktober 2017 di Politeknik Negeri Sriwijaya pada Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Polimer dan Material serta pelaksanaan karakterisasi pada Fakultas MIPA, Universitas Lampung.

4.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Bahan	Volume	Kegunaan
1.	MAA (<i>methacrylic acid</i>)	100 mL	Monomer
2.	EDMA (<i>ethylene glycol methacrylic acid</i>)	100 mL	cross-linker
3.	BPO (<i>benzoyl peroxide</i>)	100 g	Inisiator
4.	Chloroform	250 mL	Pelarut
5.	Endosulfan	100 g	Template
6.	Asam asetat	250 mL	Pencuci
7.	KCl	100 gr	Pencuci
8.	Aquabidest	10 liter	Pelarut
9.	Aluminium		badan sensor
10.	Batang karbon		badan sensor

Alat yang digunakan adalah sensor referensi Ag/AgCl, voltmeter, potensiometer, alat *Scanning Electron Microscope* (SEM), spektrofotometer *Fourier transform Infra Red* (FTIR) dan spektrofotometer *Ultra Violet/Visible* (UV/Vis).

4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini adalah untuk mendapatkan material sensor MIP endosulfan yang selanjutnya akan dipergunakan sebagai layer pada sensor kerja sensor potensiometrik berbasis MIP endosulfan. Pelaksanaan pekerjaan dilakukan seperti Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan penelitian

Tahapan	Prosedur Pelaksanaan	Hasil/Luaran
Tahap 1		
1. Pembuatan material NIP/MIP	- Pembuatan NIP dengan proses pendinginan dan pemanasan - Proses polimerisasi - Proses pembuangan template	Polimer NIP dan MIP
2. Karakterisasi NIP/MIP	- SEM - FTIR - Spektrofotometer UV/Vis	Struktur permukaan polimer Gugus fungsi MIP Komponen MIP
Tahap 2		
3. Pembuatan sensor berbasis MIP	Menggunakan aluminium -batang karbon yang dilapisi dengan MIP endosulfan	Sensor berbasis MIP endosulfan
4. Validasi sensor	Pengukuran limit deteksi, Nernstian, rentang pengukuran, keterulangan pengukuran	Karakteristik sensor berbasis MIP
Tahap 3		
5. Kinetika adsorpsi MIP	Menghitung isoterm adsorpsi, isoterm Langmuir, Freundlich, Temkin dan Dubinin-Radushkevich	Konstanta isoterm Langmuir, Freundlich, Temkin dan Dubinin-Radushkevich

4.3.1 Penelitian Tahap 1

a. Pembuatan NIP/*Non Imprinted Polymer*

1. Mencampurkan larutan pada gelas kimia dengan komposisi: 2,0 mL *chloroform* 0,3 mL *methacrylic acid* (MAA), 0,500 mL *ethylene glycol dimethacrylate acid* (EDMA), *Benzoyl Peroxide* (BPO) 0,07 gram secara berurutan untuk menghasilkan membuat *pre-polymer solution*.
2. Memasukkan *Pre-polymers solution* ke dalam botol lalu ditutup dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu -5°C selama 60 menit.
3. Memanaskan *Pre-polymers solution* dalam oven pada suhu 70°C selama 150 menit. Setelah proses pemanasan selesai terbentuklah polimer (NIP) padat campuran.

a. MIP/*Molecularly Imprinted Polymer*

1. Mencampurkan larutan dalam gelas kimia dengan komposisi: 2,0 mL *chloroform* 0,3 mL *methacrylic acid* (MAA), 0,500 mL *ethylene glycol dimethacrylate acid* (EDMA), *Benzoyl Peroxide* (BPO) 0,07 gram secara berurutan dan hasilnya disebut *pre-polymer solution*.
2. Melarutkan simazin 0,025 gram dengan kloroform 2,00 mL lalu larutan tersebut diaduk dengan stirrer selama 15 menit.
3. *Mencampurkan Pre-polymers solution* dengan larutan endosulfan pada botol lalu ditutup dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu -5°C selama 60 menit.
4. Memanaskan campuran *pre-polymers solution* dan larutan endosulfan ke dalam oven pada suhu 70°C selama 150 menit. Setelah proses pemanasan selesai, terbentuklah polimer endosulfan (MIP) padat dalam campuran.
5. Melakukan karakterisasi NIP dan MIP untuk mengetahui permukaan pori yang terbentuk dengan peralatan SEM.

b. Pembuangan Template

1. Melakukan pencampuran MIP dengan 8,5 mL *acetonitrile* selama 24 jam sehingga terjadi proses sedimentasi .
2. Melakukan pencucian pertama MIP dengan metanol/*acetic acid* (0,600 mL/12,5 mL) selama 1 jam lalu larutan pencuci dibuang.
3. Melakukan pencucian kedua MIP dengan metanol/aquabides (6,00 mL/12,5 mL) selama 1 jam lalu larutan pencuci dibuang.dibuang
4. Melakukan pencucian tahap akhir MIP dengan 3 mL metanol selama 20 jam.

Pentahapan pekerjaan dalam pembuatan MIP simazin dengan metoda pendinginan-pemanasan telah dilakukan selanjutnya proses karakteristik sensing dari MIP dengan cara sebagai berikut:

1. Pengukuran pori dengan SEM

Pada penelitian ini peralatan SEM digunakan untuk mengetahui struktur permukaan polimer baik sebelum dilakukan pembuangan *template* maupun setelah pembuangan *template* (MIP endosulfan). Secara kualitatif perbedaan ini akan terlihat pada hasil SEM *image* sehingga akan diperoleh informasi tingkat efektivitas proses pembuangan *template*.

2. Pengukuran spektra dengan Spektrofotometer FTIR

Pengujian struktur MIP yang dihasilkan dilakukan dengan pengukuran menggunakan peralatan uji yaitu *Spektrofotometer FTIR*. Spektrofotometri FTIR merupakan suatu metode mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada rentang panjang gelombang 0,75 – 1000 μm .

4.3.2 Penelitian Tahap 2

a. Pembuatan badan sensor berbasis MIP

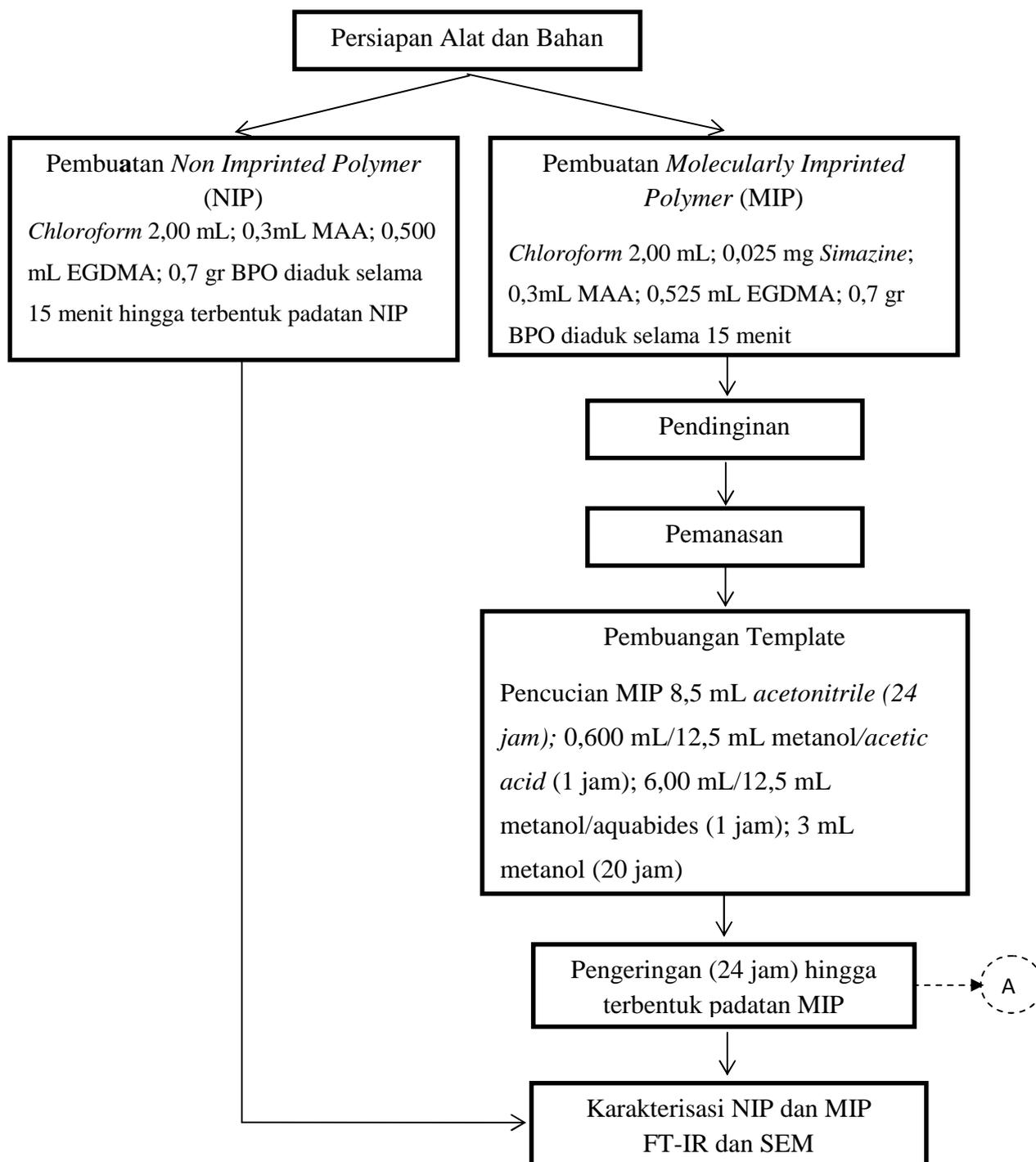
1. Menyiapkan batang sensor berupa kawat Aluminium/batang karbon dengan dimensi diameter 0,5 mm dan panjang 12 cm sebanyak 2 buah.
2. Membuat setengah lingkaran dengan diameter 10 mm pada salah satu ujung kawat.
3. Meletakkan kawat lainnya pada bagian tengah kawat setengah lingkaran.
4. Memberikan resin menutupi kedua batang kawat diberikan resin sehingga menutupi kedua batang kawat.
5. Bagian permukaan ujung kawat yang telah diberikan resin selanjutnya dibersihkan dengan menggunakan amplas ukuran 2000 hingga permukaan kawat terlihat.

b. Proses Penempatan MIP pada Permukaan Sensor

1. Membersihkan permukaan sensor dengan menggunakan amplas ukuran 2000 hingga pori permukaan sensor terlihat.
2. Melarutkan 0,1 gr MIP endosulfan dengan klorofom sebanyak 0,5 mL.
3. Menempatkan MIP endosulfan secara elusi pada permukaan sensor yang telah dibersihkan dan terlihat pori.
4. Mengeringkan permukaan sensor pada suhu ruang sehingga terbentuk lapisan MIP endosulfan pada permukaan sensor.
5. Sensor terlapisi MIP endosulfan siap digunakan.

c. Pengukuran Menggunakan Sensor MIP dengan Metode Potensiometri

1. Menyiapkan peralatan potensiometer seperti Gambar 11.
2. Menyiapkan sensor MIP yang telah dibuat pada bagian (b)
3. Menghubungkan sensor MIP dengan peralatan potensiometer
4. Menyiapkan larutan standar endosulfan dengan konsentrasi terendah hingga tertinggi, konsentrasi dimulai dari $0,1 \times 10^{-6}$ ppm – $1,0 \times 10^{-6}$ ppm.
5. Melakukan pengukuran untuk masing-masing larutan pada hari pertama.
6. Melakukan pengukuran setelah 20 hari.

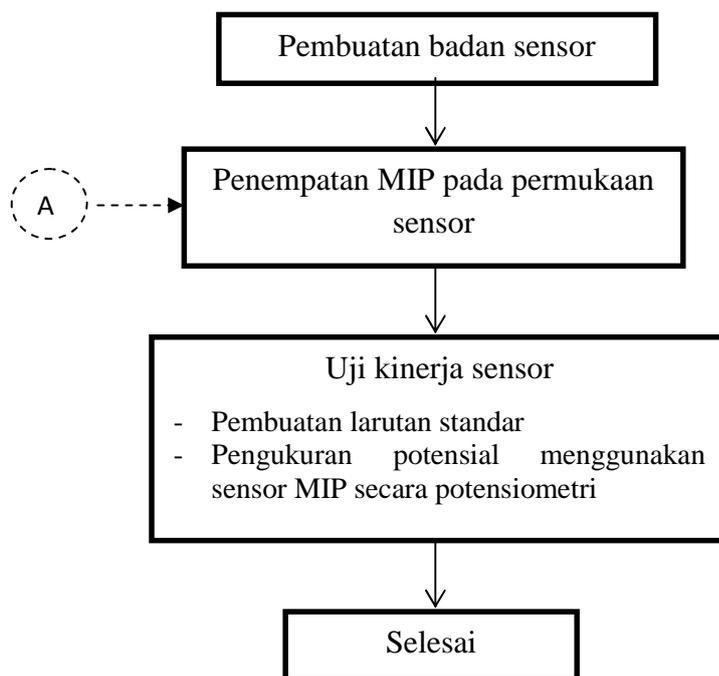


Gambar 2. Diagram blok pembuatan NIP/MIP

b. Validasi sensor

Sensor berbasis MIP diuji kinerjanya yaitu: kecermatan, ketepatan, sensitivitas, batas deteksi, stabilitas (*life time*) dan keterulangan pengukuran.

Keterulangan pengukuran diperoleh dengan melakukan beberapa kali pengulangan pengukuran terhadap analit, sedangkan stabilitas pengukuran diperoleh dari pengulangan pengukuran dalam interval jam atau hari. Stabilitas sensor juga dapat menunjukkan usia pemakaian sensor.



Gambar 3. Proses pembuatan sensor dan uji kinerja sensor

BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Kondisi Optimum Pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer*

Pembuatan MIP dilakukan dengan mencampurkan semua bahan secara berurutan dan dilakukan pengadukan. Pada campuran awal *methacrylic acid* memiliki perbandingan mol yang lebih besar dibandingkan dengan simazin, dengan tujuan agar ketika direaksikan, maka akan terbentuk cetakan simazin yang dikelilingi oleh *methacrylic acid*.

Berdasarkan penelitian pembuatan MIP endosulfan diperoleh data kondisi optimum pembuatan MIP yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Optimasi waktu pembuatan MIP

Sampel	Waktu Pembuatan (menit)	Kondisi Fisik MIP
1	30	Padat putih
2	90	Cair bening
3	120	Cair bening
4	150	Padat bening

Tabel 4. Optimasi komposisi pembuatan MIP

Sampel	Komposisi	Kondisi Fisik MIP
1	2,01 ml chloroform; 0,3 mL MAA; 0,525 mL EDMA; BPO 0,07 g; 0,025 g endosulfan	Padat putih
2	6,02 ml chloroform; 0,9 mL MAA; 1,575 mL EDMA; 0,07 g BPO; 0,025 g endosulfan	Padat bening

Proses polimerisasi dianggap selesai apabila cairan bening yang dipanaskan pada suhu 70⁰C berubah menjadi padatan bening *acrylic* seperti warna *methacrylic acid* (MAA) yang menempel pada *vial*. MIP yang telah dihasilkan ini kemudian digerus sampai dihasilkan serbuk MIP yang halus. Selanjutnya dilakukan pencucian untuk menghilangkan sisa-sisa reaktan pada proses polimerisasi dan menghilangkan *template* endosulfan.

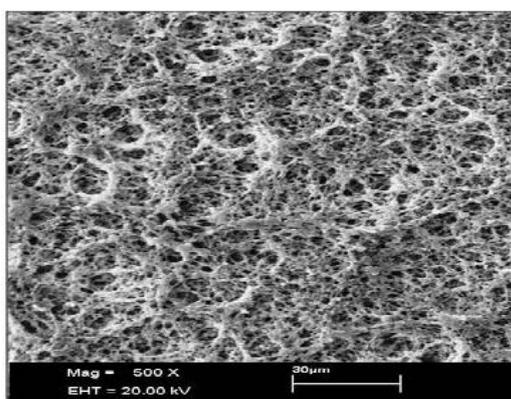
Pembuatan MIP dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu proses pembuatannya, komposisi bahan pembentuk MIP, serta pengadukan. Berdasarkan data kondisi optimum pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa waktu optimum pembuatan MIP adalah 150 menit. Pembuatan MIP membutuhkan pengadukan yang stabil agar MIP berhasil dibuat. Pengadukan yang tidak stabil akan menyebabkan ikatan antar molekul menjadi renggang

yang menyebabkan kegagalan. Selain itu, komposisi juga mempengaruhi keberhasilan pembuatan MIP. Berdasarkan percobaan, komposisi yang memenuhi untuk keberhasilan MIP adalah dengan melipatgandakan masing-masing bahan menjadi tiga kali semula kecuali endosulfan dan BPO. Pada penjelasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa jumlah mol MAA dan EGDMA dibuat berlebih agar terbentuk cetakan endosulfan yang dikelilingi oleh bahan tersebut. BPO tetap pada komposisi awal karena BPO bertindak sebagai inisiator atau bisa dikatakan sebagai katalis sehingga hanya digunakan dalam jumlah yang sedikit.

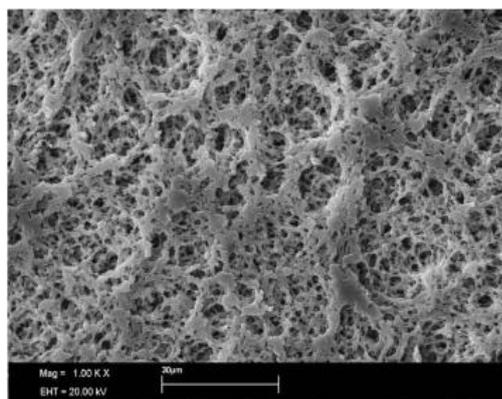
5.2 Karakterisasi MIP Endosulfan

Hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) biasanya digunakan untuk mengenali struktur morfologi dan permukaan MIP karena memiliki resolusi yang sangat baik dan sangat tinggi. Hasil SEM endosulfan dengan pembesaran 500X menunjukkan morfologi permukaan endosulfan yang kasar dengan pori-pori yang tidak teratur. MIP globular dan berpori memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi (dalam hal ini endosulfan) dibandingkan dengan NIP, hal ini disebabkan porositas dan luas permukaan yang lebih tinggi. Analisis SEM dapat menjelaskan karakteristik morfologi, bentuk dan permukaan struktur MIP. Hal ini merupakan informasi penting untuk sintesis dan aplikasi dari MIP.

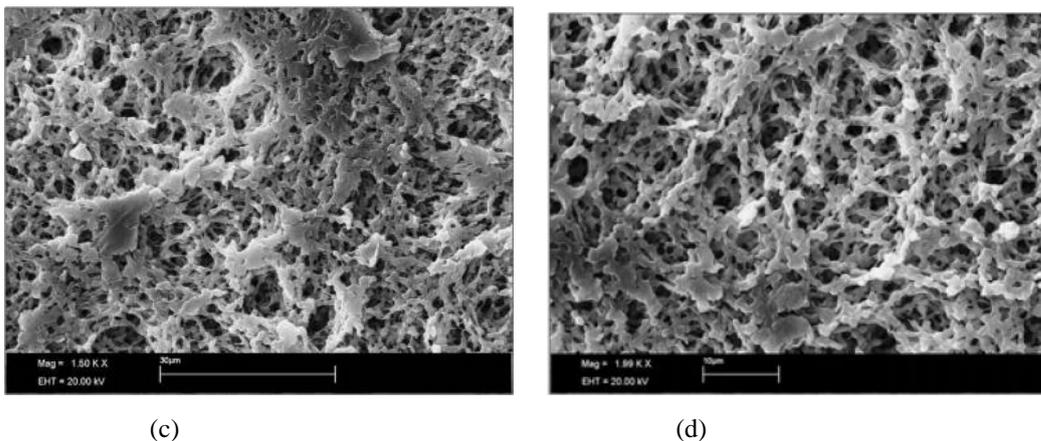
Gambar 4 menunjukkan mikrograf SEM dari template MIP endosulfan dengan pembesaran 500X, 1 KX, 1,5 KX dan 1,99 KX pada resolusi 30 μm . Tekstur permukaan dari hasil SEM menunjukkan rongga pada permukaan dan di dalam pori-pori, yang merupakan indikasi yang jelas dari perubahan perilaku berpori dari MIP membran komposit setelah pengangkatan template. Hal ini mengubah perilaku karakteristik berpori dalam studi termodinamika.



(a)



(b)



Gambar 4. SEM image dari MIP Endosulfan dengan resolusi 30 μm , (a) pembesaran 500X, (b) pembesaran 1,0KX, (c) pembesaran 1,5KX, dan (d) pembesaran 1,99KX

5.3 Uji Kinerja/Validasi Sensor MIP Endosulfan

Di dalam penelitian ini, sensor kerja berupa kawat alumunium-alumunium dikontakkan dengan membran MIP Simazin yang dilapisi pada permukaan sensor kerja berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi keberadaan simazin pada larutan uji. Untuk mengetahui apakah sensor kerja yang dibuat telah memiliki kinerja yang baik, maka telah dilakukan uji potensial terhadap sensor kerja tersebut.

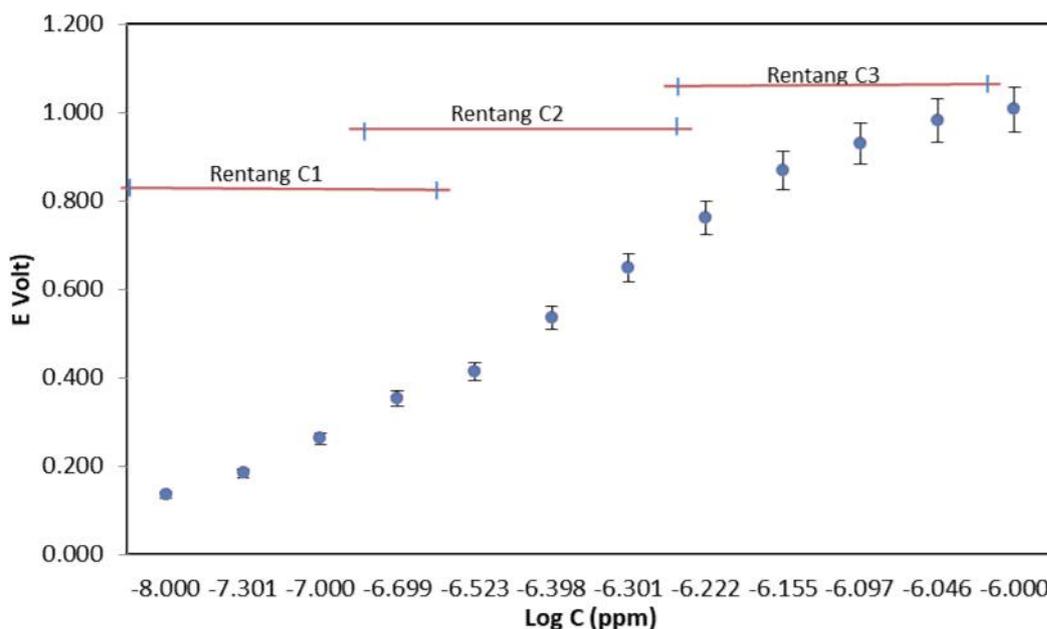
Pada sistem pengujian secara potensiometri, penentuan kurva kalibrasi dilakukan dengan mengukur potensial sensor yang tercelup dalam larutan analit. Pengukuran dimulai dari konsentrasi larutan yang paling encer hingga konsentrasi larutan yang pekat.

J Pengukuran Hari Pertama

Pengukuran dilakukan dengan dibuat larutan uji endosulfan beberapa konsentrasi di antaranya $0,01 \times 10^{-6} \text{ ppm}$ – $1,0 \times 10^{-6} \text{ ppm}$, dengan dibuatnya berbagai konsentrasi endosulfan maka dapat diketahui pengaruh konsentrasi terhadap potensial yang terukur. Dari Tabel 11 (Lampiran 1) dapat diperoleh grafik antara potensial terukur terhadap logaritma konsentrasi target untuk kontak dengan sensor alumunium-karbon.

Selanjutnya, grafik E vs $\log C$ dapat diplot dari Tabel 5. Nilai C adalah konsentrasi dari larutan endosulfan. Konsentrasi larutan uji diukur dalam rentang $0,01 \times 10^{-6} \text{ ppm}$ - $1,0 \times 10^{-6} \text{ ppm}$. Gambar 5 menunjukkan grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi target. Kemiringan fungsi E (slope) meningkat seiring dengan bertambahnya nilai konsentrasi target.

Gambar 5 juga menunjukkan bahwa pada pengukuran tersebut diperoleh 3 kemiringan slope (N). Pada rentang konsentrasi $0,01 \times 10^{-6}$ ppm - $0,20 \times 10^{-6}$ ppm memiliki slope 0,0738, untuk rentang konsentrasi $0,30 \times 10^{-6}$ ppm - $0,60 \times 10^{-6}$ ppm sebesar 0,10896, sedangkan pada rentang konsentrasi $0,70 \times 10^{-6}$ ppm - $1,0 \times 10^{-6}$ ppm memiliki slope 0,12098. Sensor ini sensitif pada konsentrasi target $0,01 \times 10^{-6}$ ppm - $0,1 \times 10^{-6}$ ppm. Hasil ini didukung oleh nilai kelinieran yang cukup tinggi, $R^2 > 0,99$.



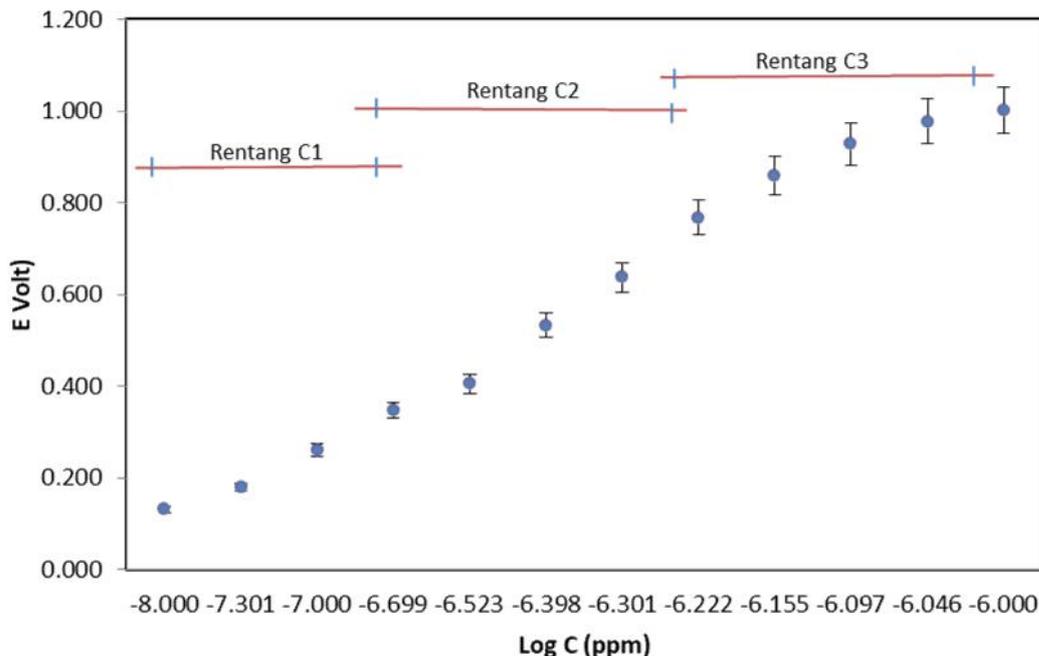
Gambar 5. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi pada sensor alumunium-karbon hari ke-1

Tabel 5. Parameter yang diperoleh dari plot E terhadap logaritma konsentrasi dengan sensor Alumunium-Karbon hari ke-1

Sensor	Rentang konsentrasi $\times 10^{-6}$ (ppm)	$E = K + S$ (slope) Log C	Z	R^2
Alumunium-Karbon	0,01 - 0,20	$E = 0,058 + 0,0738 \log C$	0,786	0,976
	0,30 - 0,60	$E = 0,230 + 0,1089 \log C$	0,533	0,987
	0,70 - 1,00	$E = 0,652 + 0,1209 \log C$	0,480	0,997

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi target maka potensial yang terukur secara umum meningkat. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa rongga-rongga pada MIP mampu merasakan peningkatan jumlah ion simazin dari larutan uji.

Selanjutnya dilakukan pengukuran ulang pada sensor setelah 20 hari dari pengukuran pertama dengan menggunakan sensor yang sama. Berdasarkan data pengukuran dalam Tabel 5 diketahui bahwa sensor yang dihasilkan tetap memiliki kinerja yang baik.



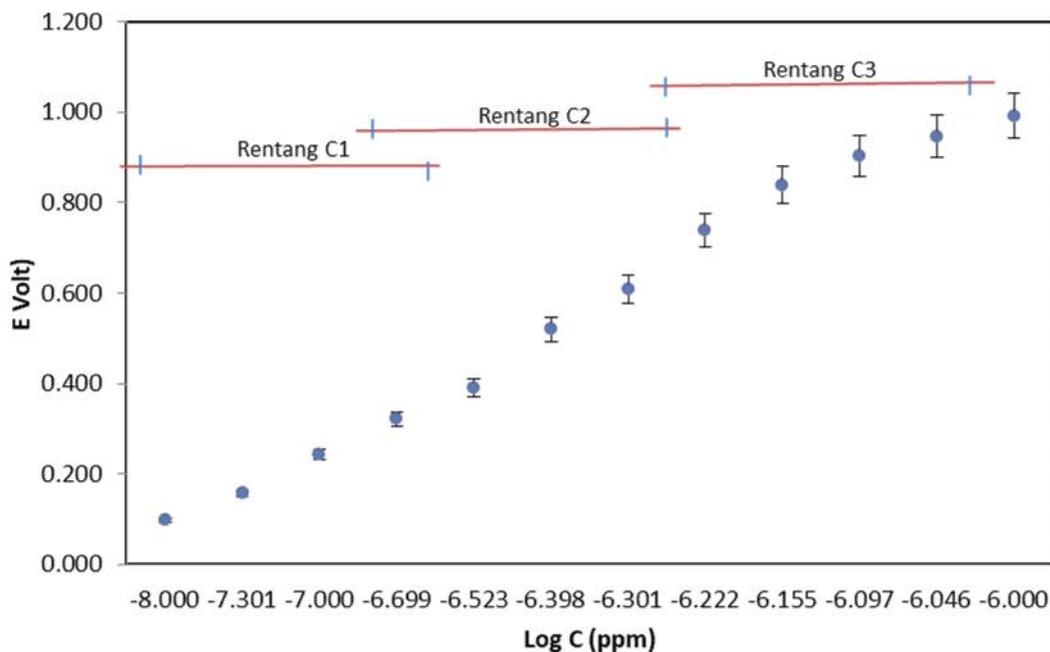
Gambar 6. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi pada sensor hari ke-20

Gambar 6 juga menunjukkan bahwa pada pengukuran tersebut diperoleh 3 kemiringan slope (N). Pada rentang konsentrasi $0,01 \times 10^{-6}$ ppm - $0,20 \times 10^{-6}$ ppm memiliki slope 0,0722 untuk rentang konsentrasi $0,30 \times 10^{-6}$ ppm - $0,60 \times 10^{-6}$ ppm sebesar 0,1092, sedangkan pada rentang konsentrasi $0,70 \times 10^{-6}$ ppm - $1,0 \times 10^{-6}$ ppm memiliki slope 0,1210. Sensor ini sensitif pada konsentrasi target $0,01 \times 10^{-6}$ ppm - $1,00 \times 10^{-6}$ ppm. Hasil ini didukung oleh nilai kelinieran yang cukup tinggi, $R^2 > 0,99$.

Tabel 6. Parameter yang diperoleh dari plot E terhadap logaritma konsentrasi dengan sensor Alumunium-Karbon hari ke-20

Sensor	Rentang konsentrasi $\times 10^{-6}$ (ppm)	$E = K + S$ (slope) Log C	Z	R^2
Alumunium-Karbon	0,01 - 0,20	$E = 0,050 + 0,0722 \log C$	0,801	0,983
	0,30 - 0,60	$E = 0,214 + 0,1092 \log C$	0,531	0,987
	0,70 - 1,00	$E = 0,638 + 0,1210 \log C$	0,479	0,997

Selanjutnya dilakukan pengukuran ulang pada sensor setelah 45 hari dari pengukuran pertama dengan menggunakan sensor yang sama. Berdasarkan data pengukuran dalam Tabel 6 diketahui bahwa sensor yang dihasilkan tetap memiliki kinerja yang baik.



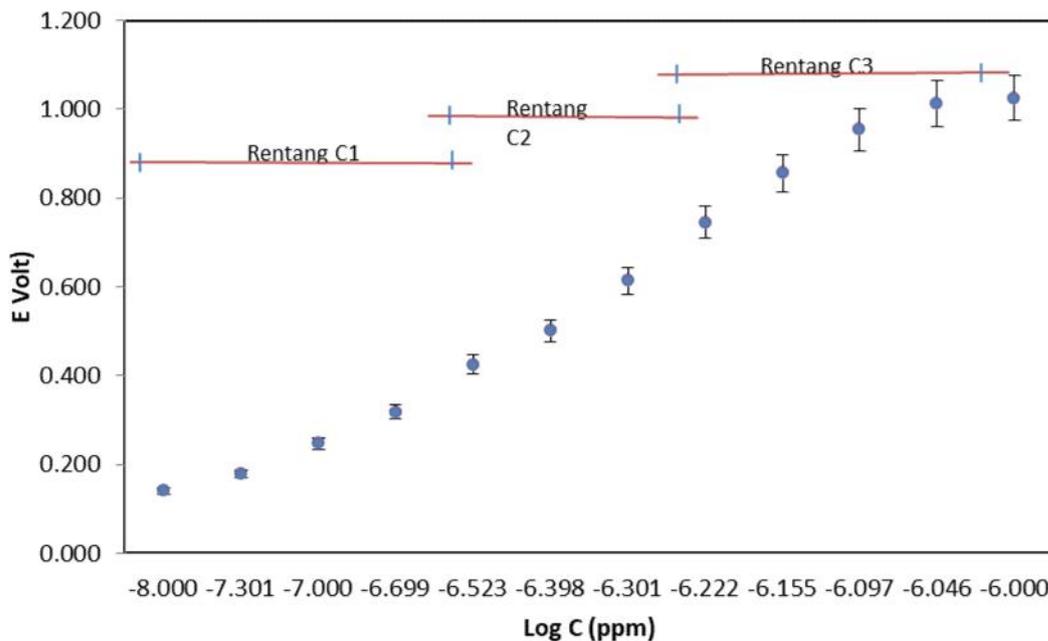
Gambar 7. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi target pada sensor hari ke-45

Gambar 7 juga menunjukkan bahwa pada pengukuran tersebut diperoleh 3 kemiringan (slope) N . Pada rentang konsentrasi $0,01 \times 10^{-6} \text{ ppm} - 0,20 \times 10^{-6} \text{ ppm}$ memiliki slope 0,073, untuk rentang konsentrasi $0,30 \times 10^{-6} \text{ ppm} - 0,60 \times 10^{-6} \text{ ppm}$ sebesar 0,1087, sedangkan pada rentang konsentrasi $0,70 \times 10^{-6} \text{ ppm} - 1,00 \times 10^{-6} \text{ ppm}$ memiliki slope 0,121. Sensor ini sensitif pada konsentrasi target $0,01 \times 10^{-6} \text{ ppm} - 0,1 \times 10^{-6} \text{ ppm}$. Hasil ini didukung oleh nilai kelinieran yang cukup tinggi, $R^2 > 0,99$.

Tabel 7. Parameter yang diperoleh dari plot E terhadap logaritma konsentrasi dengan kontak Aluminium-Aluminium hari ke-45

Sensor	Rentang konsentrasi $\times 10^{-6}(\text{ppm})$	$E = K + S$ (slope) $\log C$	Z	R^2
Aluminium-Karbon	0,01 - 0,20	$E = 0,030 + 0,0730 \log C$	0,795	0,975
	0,30 - 0,60	$E = 0,197 + 0,1087 \log C$	0,534	0,986
	0,70 - 1,00	$E = 0,619 + 0,1210 \log C$	0,479	0,997

Selanjutnya dilakukan pengukuran ulang pada sensor setelah 90 hari dari pengukuran pertama dengan menggunakan sensor yang sama. Berdasarkan data pengukuran dalam Tabel 7 diketahui bahwa sensor yang dihasilkan tetap memiliki kinerja yang baik.



Gambar 8. Grafik antara potensial MIP endosulfan terhadap logaritma konsentrasi target pada sensor hari ke-90

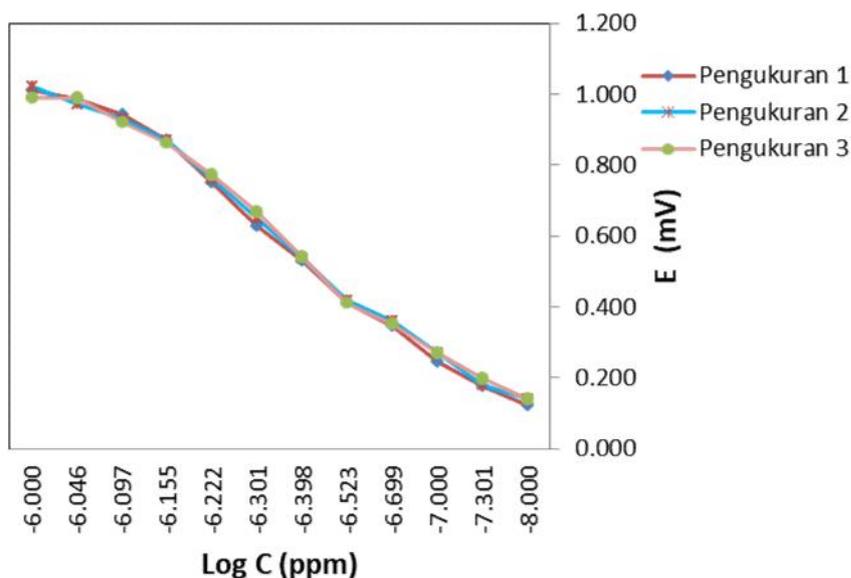
Gambar 8 juga menunjukkan bahwa pada pengukuran tersebut diperoleh 3 kemiringan (slope) N . Pada rentang konsentrasi $0,01 \times 10^{-3} \text{ ppm}$ - $0,20 \times 10^{-3} \text{ ppm}$ memiliki slope 0,0732, untuk rentang konsentrasi $0,30 \times 10^{-3} \text{ ppm}$ - $0,60 \times 10^{-3} \text{ ppm}$ sebesar 0,112, sedangkan pada rentang konsentrasi $0,70 \times 10^{-3} \text{ ppm}$ - $1,00 \times 10^{-3} \text{ ppm}$ memiliki slope 0,1171. Sensor ini sensitif pada konsentrasi target $0,01 \times 10^{-3} \text{ ppm}$ - $0,10 \times 10^{-3} \text{ ppm}$. Hasil ini didukung oleh nilai kelinieran yang masih cukup tinggi, $R^2 > 0,98$.

Tabel 8. Parameter yang diperoleh dari plot E terhadap logaritma konsentrasi dengan sensor Alumunium-Karbon hari ke-90

Sensor	Rentang konsentrasi $\times 10^{-6}$ (ppm)	$E = K + S$ (slope) Log C	Z	R^2
Alumunium-Karbon	0,02 - 0,20	$E = 0,268 + 0,0724 \log C$	0,801	0,981
	0,30 - 0,60	$E = 0,431 + 0,1106 \log C$	0,524	0,987
	0,70 - 1,00	$E = 0,863 + 0,1168 \log C$	0,497	0,992

a. Repeatabilitas Sensor

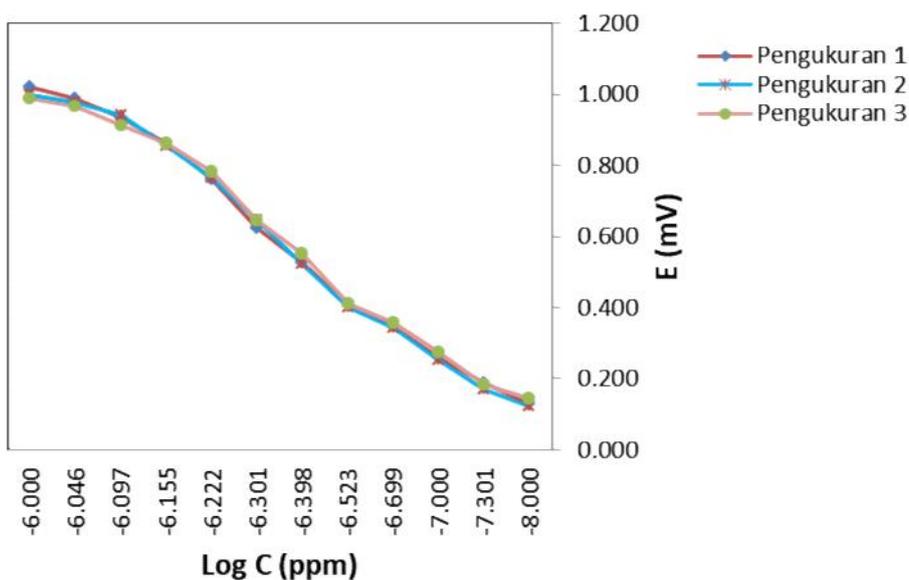
Sensor yang baik memiliki repeatabilitas atau keterulangan yang baik. Data pengukuran menunjukkan repeatabilitas sensor yang ditampilkan pada Gambar 9.



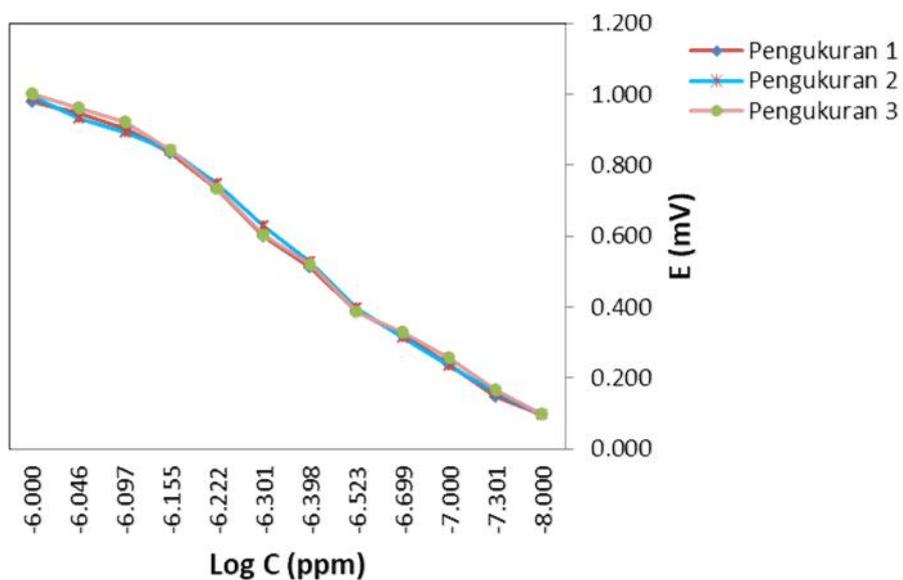
Gambar 9. Grafik repeatabilitas sensor MIP endosulfan hari ke-1

Dari Gambar 9 terlihat bahwa tiga grafik berhimpitan. Grafik ini menunjukkan bahwa baik pengukuran 1, 2, dan 3 pada hari pertama memiliki nilai pengukuran yang identik. Berdasarkan ketiga pengukuran tersebut dapat dikatakan bahwa sensor memiliki repeatabilitas yang baik.

Repeatabilitas yang baik juga ditunjukkan sensor ketika dilakukan pengukuran pada hari ke-20, ke-45 dan hari ke-90 seperti ditunjukkan pada Gambar 10, 11, dan 12.

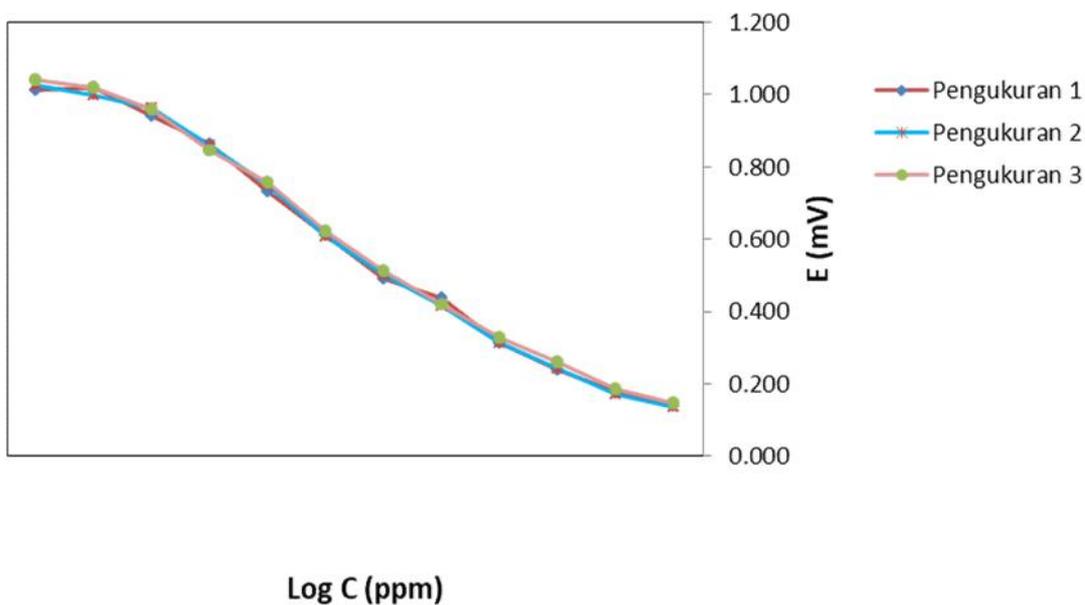


Gambar 10. Grafik repeatabilitas sensor MIP endosulfan hari ke-20



Gambar 11. Grafik repeatabilitas sensor MIP endosulfan hari ke-45

Pengukuran pada hari ke-empat pada Gambar 12 juga menunjukkan nilai keterulangan yang juga baik pada sensor MIP endosulfan.



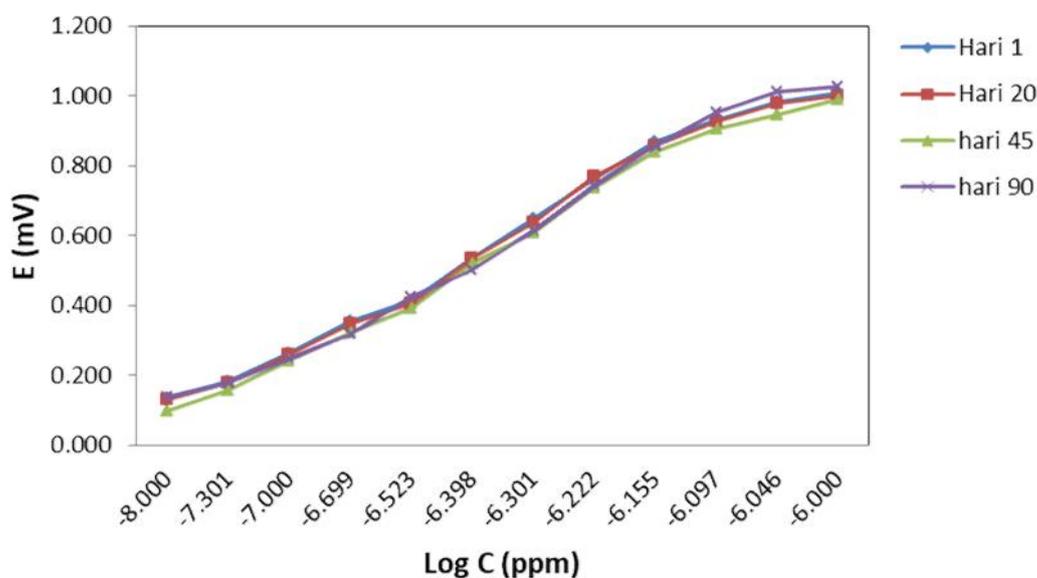
Gambar 12. Grafik repeatabilitas sensor hari ke-90

c. Stabilitas Sensor

Penentuan stabilitas sensor MIP didasarkan pada perbedaan nilai sensitivitas awal dengan sensitivitas pada waktu pengukuran terakhir. Bila selisih tersebut 0,002 V/dekade maka pengukuran masih stabil. Stabilitas ditentukan pada satuan hari. Nilai sensitivitas stabilitas dapat dilihat pada Tabel 9.

Untuk mengetahui stabilitas sensor maka dilakukan pengukuran kembali setelah pengukuran hari ke-1, yaitu pada hari ke-20, hari ke-45, dan hari ke-90. Data pengukuran dapat diplot grafik yang ditampilkan pada Gambar 13.

Dari Gambar 13 grafik pengukuran hari ke-1, ke-20, ke-45, dan ke-90 berhimpitan yang menunjukkan bahwa sensor MIP endosulfan ini memiliki stabilitas yang baik.



Gambar 13. Grafik Stabilitas Sensor MIP Endosulfan

Tabel 10. Stabilitas Sensor MIP Endosulfan

No	Hari ke-	Rentang Konsentrasi	Sensitivitas Awal (mV/dekade)	Perbedaan dengan sensitivitas hari ke-1 (mV/dekade)
1.	Hari ke-1	0,01-0,20 ppm	0,0738	-
		0,30-0,60 ppm	0,1089	-
		0,70-1,00 ppm	0,1209	-
2.	Hari ke-20	0,01-0,20 ppm	0,0722	0,0016
		0,30-0,60 ppm	0,1092	0,0003
		0,70-1,00 ppm	0,1210	0,0001
3.	Hari ke-45	0,01-0,20 ppm	0,0730	0,0008
		0,30-0,60 ppm	0,1087	0,0002

		0,70-1,00 ppm	0,1210	0,0001
4.	Hari ke-90	0,01-0,20 ppm	0,0724	0,0014
		0,30-0,60 ppm	0,1106	0,0017
		0,70-1,00 ppm	0,1168	0,0041

Dari Tabel 10 dapat diketahui, bahwa sensor MIP endosulfan masih stabil sampai hari ke-90, sebab perubahan sensitivitas yang didapat 2 mV/dekade pada rentang konsentrasi $0,01 \times 10^{-6} - 1,00 \times 10^{-6}$ ppm. Hal ini menunjukkan bahwa sensor sensitif dan stabil pada rentang konsentrasi $0,01 \times 10^{-6} - 1,00 \times 10^{-6}$ ppm untuk dilakukan pengukuran.

d. Sensitivitas Sensor

Percobaan karakterisasi sensor yang diutamakan pada penelitian tahap awal adalah penentuan sensitivitas (Faktor Nernst) sensor. Dalam hal ini, sensitivitas sensor ditentukan berdasarkan kemiringan (slope) kurva kalibrasi (pada rentang konsentrasi pengukuran) larutan endosulfan standar yang diperoleh. Kinerja sensor yang baik ditunjukkan dengan nilai slope sekitar 59,0 mV/dekade atau 0,059 V/dekade pada suhu 25°C.

Dari Tabel 10 diketahui bahwa pada masing-masing rentang konsentrasi memiliki kemiringan (slope) yang berbeda. Rentang konsentrasi $0,01 \times 10^{-6} - 0,20 \times 10^{-6}$ ppm merupakan rentang yang terbaik dari kedua rentang konsentrasi lainnya. Sensitivitas yang dihasilkan adalah 0,073 mV/dekade. Namun nilai sensitivitas yang diperoleh masih jauh dari harga ideal yaitu 59,0 V/dekade. Hasil menunjukkan bahwa respon potensial sel tidak Nernstian tetapi *Upper Nernstian*. Ini dimungkinkan karena mekanisme yang kompleks dan juga melibatkan distribusi spesi ion.

e. Jangkauan Pengukuran

Berdasarkan uji kinerja yang telah dilakukan jangkauan pengukuran dari sensor MIP endosulfan dengan sensor aluminium-karbon berkisar $0,010 \times 10^{-6} - 1,0 \times 10^{-6}$ ppm. Hal ini dilihat dari linearitas dan stabilitas pengukuran pada rentang konsentrasi tersebut. Pada hari ke-1, ke-20, ke-45, dan ke-90 pengukuran linearitas (r^2) diperoleh $>0,99$. Dilihat dari kestabilannya sensor masih bekerja dengan baik, dengan demikian jangkauan pengukuran yang baik pada rentang konsentrasi $0,01 \times 10^{-6} - 1,0 \times 10^{-6}$ ppm.

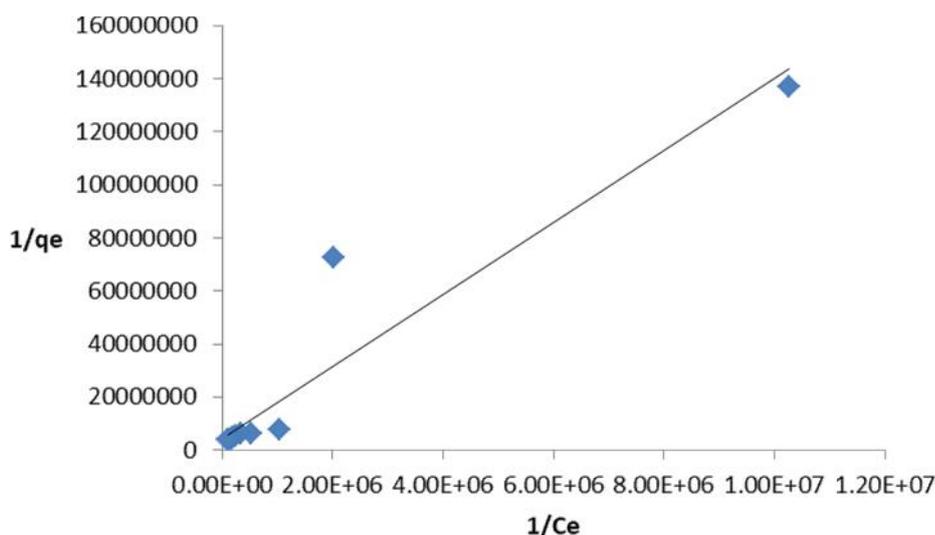
f. Limit Deteksi

Limit deteksi menunjukkan konsentrasi terendah dari ion analit yang masih dapat direspon oleh sensor sebagai batas pengukuran terendah. Berdasarkan penelitian, limit deteksi dari sensor MIP endosulfan dengan Aluminium-Karbon adalah $0,01 \times 10^{-3}$ ppm. Sensor mampu merespon dengan baik sampai batas minimum konsentrasi endosulfan $0,01 \times 10^{-6}$ ppm.

5.4 Adsorpsi Isoterm untuk Sensor Al-C dengan MIP Endosulfan

a. Langmuir Isoterm

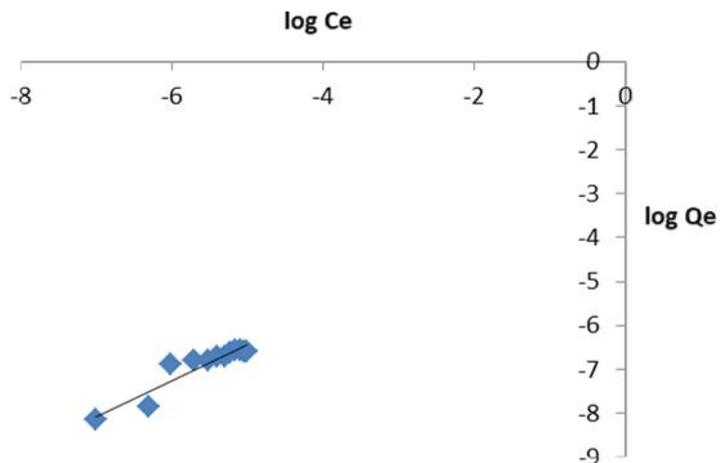
Dari data-data eksperimen yang didapatkan dengan adanya penurunan konsentrasi di setiap waktu, melalui persamaan adsorpsi langmuir maka didapatkan suatu persamaan garis lurus $y = 13,559x + 4 \times 10^6$, dengan $R^2 = 0,8982$. Dari persamaan garis lurus tersebut kita bisa menghitung konstanta Langmuir, yaitu sebesar $2,95 \times 10^5$ (L/mg) dan kapasitas adsorpsi maksimal sebesar $2,5 \times 10^{-7}$ (mg/g).



Gambar 14. Adsorpsi isoterm langmuir terhadap endosulfan

b. Freundlich Isoterm

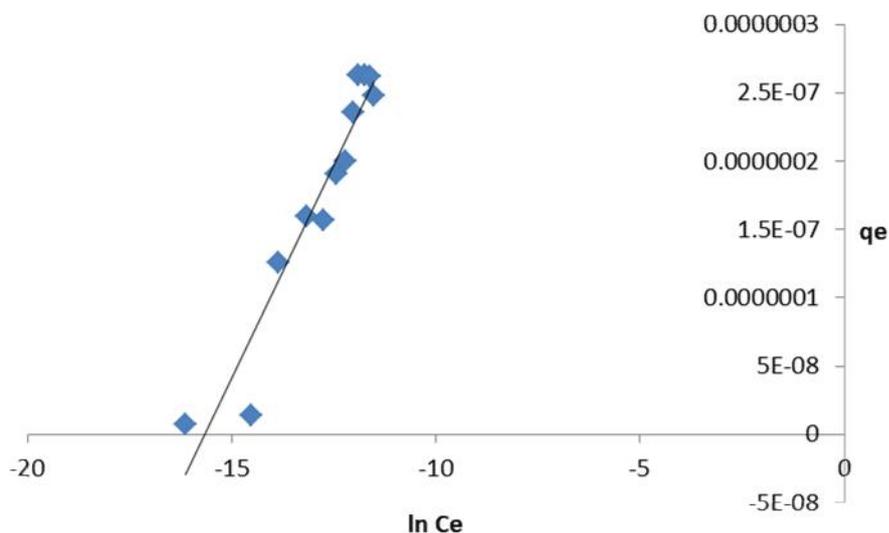
Isoterm Freundlich untuk MIP endosulfan dapat dilihat pada Gambar 15. Dari Gambar 15. didapatkan R^2 sebesar 0,8783, dari hasil R^2 ini dapat dilihat bahwa nilai regresi isoterm Langmuir cenderung lebih baik dibandingkan dengan isoterm Freundlich. Dari persamaan garis lurus $y = 0,8105x - 2,3935$ dihitung konstanta Freundlich, didapatkan $K_f = 4,04 \times 10^{-3}$ (mg/g) dengan $n = 1,2338$.



Gambar 15. Isoterm Freundlich untuk Endosulfan

c. Temkin Isoterm

Isoterm Temkin cenderung menunjukkan distribusi energi ikatan yang terjadi pada saat proses adsorpsi berlangsung. Seperti yang tersirat dalam persamaan, penurunannya dicirikan oleh distribusi energi pengikat yang seragam (sampai beberapa energi pengikatan maksimum) dilakukan dengan memodifikasi persamaan kuantitas yang diserap (q_e) terhadap $\ln C_e$ dan konstanta ditentukan dari slope dan intersept.



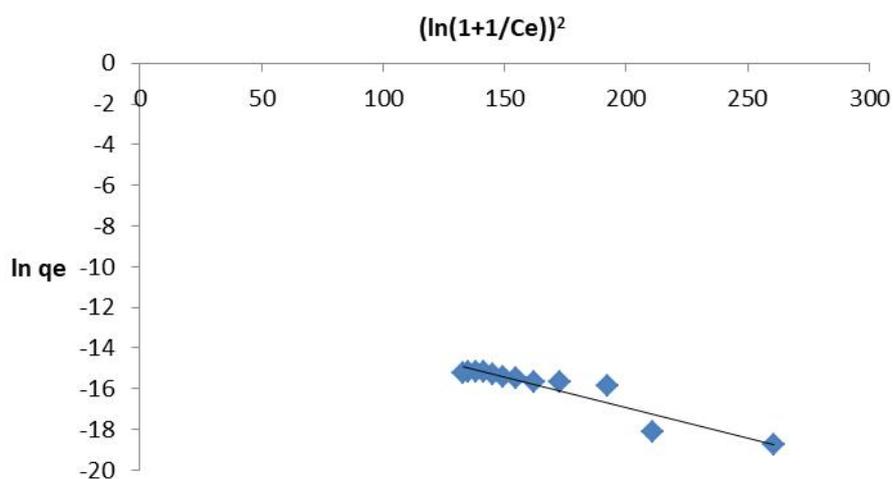
Gambar 16. Isoterm Temkin untuk Endosulfan

Dari Gambar 16, persamaan tersebut didapatkan nilai A_T sebesar $1,79 \times 10^7$ L/mg, dengan nilai B (*Constant related to heat of sorption*) sebesar 6×10^{-8} J/mol dan b

(konstanta temkin isotherm) $4,13 \times 10^{10}$. Ralat yang didapatkan (R^2) sebesar 0,9186. Nilai ralat ini lebih besar jika dibandingkan dengan model Langmuir isotherm dan Freundlich isotherm.

d. Dubinin–Radushkevich Isotherm Model

Isotherm Dubinin-Radushkevich (DRK) umumnya mekanisme adsorpsi dengan distribusi energi Gaussian ke permukaan heterogen.



Gambar 17. Isotherm DRK untuk Endosulfan

Dengan memplotkan data-data $\ln q_e$ versus $(\ln(1+1/C_e))^2$ diperoleh slope $\frac{K_{ad}}{R^2 T^2}$ sebesar 0,0298, dengan memasukkan R sebesar 8,314 J/mol.K dan T sebesar 298 °K diperoleh K_{ad} sebesar 182.923, 218 mol²/J². Intercept yang didapatkan sebesar $q_s = 1,76 \times 10^{-5}$ mg/g dengan E (energi bebas) $1,6533 \times 10^{-6}$ KJ/mol yang diindikasikan sebagai proses adsorpsi fisika, R^2 yang diperoleh 0,8909 lebih rendah jika dibandingkan dengan adsorpsi Temkin dan Langmuir, akan tetapi lebih tinggi jika dibandingkan dengan isotherm Freundlich.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan elektroda berbasis MIP sebagai sensor dan pengujian kinerja elektroda yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proses pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) endosulfan diperoleh kondisi optimum dengan komposisi 6,02 mL kloroform; endosulfan 0,025 g; 0,9 mL MAA; 1,57 mL EGDMA; 0,07 g BPO dengan waktu pemanasan selama 150 menit pada temperatur 70°C.
2. Uji kinerja sensor dilakukan secara potensiometri dan diperoleh sensor MIP simazin yang dibuat memiliki sensitivitas dan stabilitas pada rentang konsentrasi 0,01-1,0 x10⁻³ ppm dengan batas deteksi sebesar 0,01x10⁻³ ppm, sedangkan rentang konsentrasi endosulfan 0,01-1,0x10⁻⁶ ppm dan *life time* mencapai 90 hari.
3. Model kinetika reaksi adsorpsi MIP endosulfan yang paling sesuai adalah Isoterm Temkin dengan nilai A_T sebesar 1,79 x 10⁷ L/mg, dengan nilai B (*Constant related to heat of sorption*) sebesar 6 x 10⁻⁸ J/mol dan b (konstanta temkin isoterm) 4,13 x 10¹⁰. Ralat yang didapatkan (R²) sebesar 0,9186. Nilai ralat ini lebih besar jika dibandingkan dengan model Langmuir isoterm dan Freundlich isoterm.

6.1 Saran

Dari hasil pembuatan elektroda ini, maka peneliti memberikan saran agar dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi komposisi MIP sehingga didapatkan kondisi optimum pembuatan MIP untuk mengurangi resiko kegagalan pembuatan MIP. Selain itu, penulis menyarankan agar dilakukan pembuatan elektroda berbasis MIP endosulfan dengan variasi katoda dan anoda untuk mendapatkan elektroda yang memiliki rentang pengukuran yang berbeda dengan rentang pengukuran pada elektroda aluminium-karbon.

REFERENSI

- Asanuma, H., Akiyama, T., Kajiya, K., Hishiya, dan Komiyama. 2001. *Molecular Imprinting of Cyclodextrin in Water for the Recognition of Nanometer-scaled Guests*. *Analytica Chimica Acta*. 435. 25-33.
- Balamurgana, K., Gokulakrishnan, K., dan Prakasama. 2012. *Preparation and Evaluation of Molecularly Imprinted Polymer Liquid Chromatography Column for the Separation of Chathine Enantiomers*. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 20(1). 53-61.
- Belmont, A.S., Jaeger, S., Knopp, D., Niessner, R., Gauglitz, G., dan Haupt, K. 2007. *Molecularly Imprinted Polymer Films for Reflectometric Interference Spectroscopic Sensors*. *Biosensors and Bioelectronics*. 22. 3267-3272.
- Bossi, A., Bonini, F., Turner, A.P.F., dan Piletsky, S.A. 2007. *Molecularly Imprinted Polymers for the Recognition of proteins:the State of the Art*, *Biosensors and Bioelectronics*. 22(6). 1131-1136.
- Bow, Yohandri. 2003. *Pembuatan Elektroda Selektif Ion untuk Pengukuran Kadar Fenol*. Pusat Pendidikan dan Pengembangan Politeknik. Bandung.
- Bow, Yohandri. 2004. *Modifikasi Potensiometer dan Pembuatan Sensor Bermembran Polyvinylchlorida (PVC) untuk Penentuan Kadar Sianida Terlarut dengan Teknik Elektrometri*. Program TPSDP Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Bow, Yohandri. 2006. *Pembuatan Elektroda dan Potensiometer Polivinil klorida (PVC) untuk Penentuan Kadar Sianida dengan Teknik Elektrometri*. Prosiding research Grant I, TPSDP.
- Bow, Yohandri. 2013. *Modified Carbon Composite Electrode with Zeolite in Degradation of Dissolved Chlorine*. *Proceeding The 7th International Conference of Chemical Engineering on Science and Application (CHESA2013)*.
- Bow, Yohandri. 2014. *The Application of Potentiometric Methods in Determination Total Organic Carbon Content of Soil*. *Int. Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* Vol. 4 No. 2.
- Chen, Y.C., Brazier, J.J., Yan, M., Bargo, P.R., dan Prahl, S.A. 2004. *Fluorencence-Based Optical Sensor Design for Molecularly Imprinted Polymers*, *Sensors and Actuators*. *Chemical*. 102.107-116.
- Kitade, T., Kitargetra, K., Konishi, T., Takegami, S., Okune, T., Ishikawa, M., Wakabavashi, K., dan Muramatsu, Y. 2004. *Potensiometric Immunosensor Using Artificial Antibody Based on Molecularly Imprinted polymers*. *Analytical Chemistry*. 76. 6802-6807.
- Komiyama, M., Takeuchi, T., Mukawa dan Asanuma. 2003. *Molecular Imprinting from Fundamentals to Applications*. German. Wiley-VCH. Pp. 65-73.
- Kubo, L., Shoji, R., dan Suzuki, H. 2008. *Atrazin Sensing Chip Based on Molecularly Imprinted Polymer Layer*. *Electrochemistry*. 76. 541-544.

- Liang, R., Zhang, R., dan Qin, W. 2009. *Potentiometric Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer for Determination of Melamine in Milk*. Sensors and Actuators. 141. 544-550.
- Mazzotta, E., Picca, R.A., Malitesta. 2008. *Development of a Sensor Prepared by Entrapment of MIP Particles in Electrosynthesised Polymer Films for Electrochemical Detection of Ephedrine*. Biosensors and Bioelectronics. 23. 1152-1156.
- Sadeghi, S., Fathi, F., dan Abbasifar, J. 2007. *Potentiometric Sensing of Levamisole Hydrochloride based on Molecularly Imprinted Polymer*. Sensors and Actuators. 122. 158-164.
- Scorrano, S., Mergola, L., Sole dan Vasapollo. 2011. *Synthesis of Molecularly Imprinted Polymers for Amino acid Derivative by Using Different Functional Monomer*. International Journal of Molecular Sciences. 12(3). 1735-1743.
- Stevens, M.P. 2007. Kimia Polimer. Terjemahan cetakan ke-2. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Tehrani, M.S., Vardini, M.T., dan Husain, S.W. 2010. *Molecularly Imprinted Polymer Based PVC-Membrane-Coated-Graphite Electrode for the Determination of Metoprolol*. International Journal of Electrochemical Sciences. 5(1). 88-104.
- Thoelen, R., Vansweevelt, R., Duchateau. 2008. *A MIP-based Impedimetric Sensor for the Detection of Low-MW Molecules*. Biosensors. Bioelectron. 23. 913-918.
- Vasapollo, G. Dan Mele. 2011. *Molecularly Imprinted Polymers: Present and Future Prospective*. Int. J. Molecular Sciences. 12(9). 5908-5945.
- Wei, S. Dan Mizaikoff, V. 2007: *Recent Advances on Noncovalent Molecular Imprints for Affinity Separations*. J. Separation Sciences. 30. 1794-1805.
- Yang, Z.P. dan Zhang, C.J. 2009. *Designing of MIP-based QCM sensor for the determination of Cu(II) ions in solution*. Sensors and Actuators B. 142. 210-215.
- Zeng, H., Wang, Y., Nie dan Liu. 2012. *Preparation of Magnetic Molecularly Imprinted Polymers for Separating Rutin from Chinese Medicinal Plants*. Analyst. 137(10). 2503-2512.
- Zhou, X.Y., Yu, B., Levon, K. 2005. *Potentiometric sensor for dipicolinic acid*. Biosensors. Bioelectron. 20. 1851-1855.

LAMPIRAN 1

Hasil Pengukuran untuk Sensor Al-C dengan MIP Endosulfan

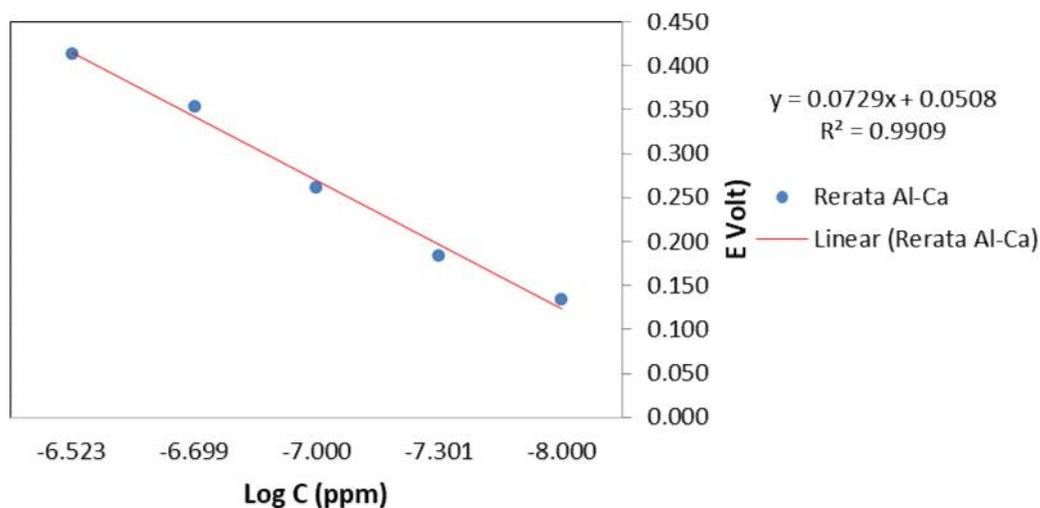
1. Data potensial terukur dengan sensor aluminium – karbon dengan MIP Endosulfan pada hari pertama

Tabel 10. Log konsentrasi dan rerata potensial pengukuran hari ke-1

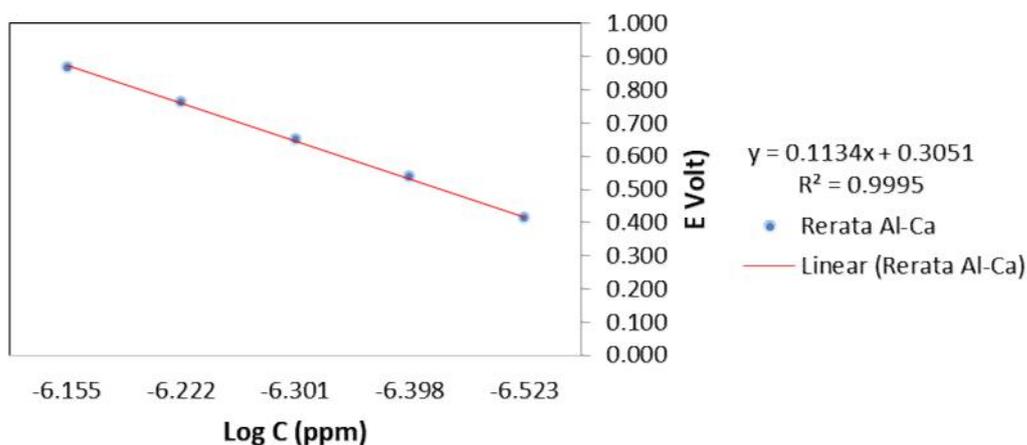
Konsentrasi (C) x 10 ⁻⁶ ppm	Konsentrasi (C) ppm	Log C (ppm)	Potensial (Volt)			
			1	2	3	Rerata (Al-C)
0.010	0.00000001	-8.000	0.122	0.141	0.141	0.135
0.050	0.00000005	-7.301	0.175	0.178	0.197	0.183
0.100	0.00000001	-7.000	0.245	0.269	0.271	0.262
0.200	0.00000002	-6.699	0.348	0.359	0.354	0.354
0.300	0.00000003	-6.523	0.412	0.419	0.411	0.414
0.400	0.00000004	-6.398	0.529	0.537	0.540	0.535
0.500	0.00000005	-6.301	0.628	0.649	0.667	0.648
0.600	0.00000006	-6.222	0.752	0.761	0.773	0.762
0.700	0.00000007	-6.155	0.871	0.869	0.863	0.868
0.800	0.00000008	-6.097	0.941	0.930	0.920	0.930
0.900	0.00000009	-6.046	0.987	0.972	0.990	0.983
1.000	0.00000001	-6.000	1.012	1.020	0.990	1.007

1. Menentukan Slope (Nilai Faktor Nernst), z (Muatan Ion), dan Linearitas (R^2) pada pengukuran hari ke-1

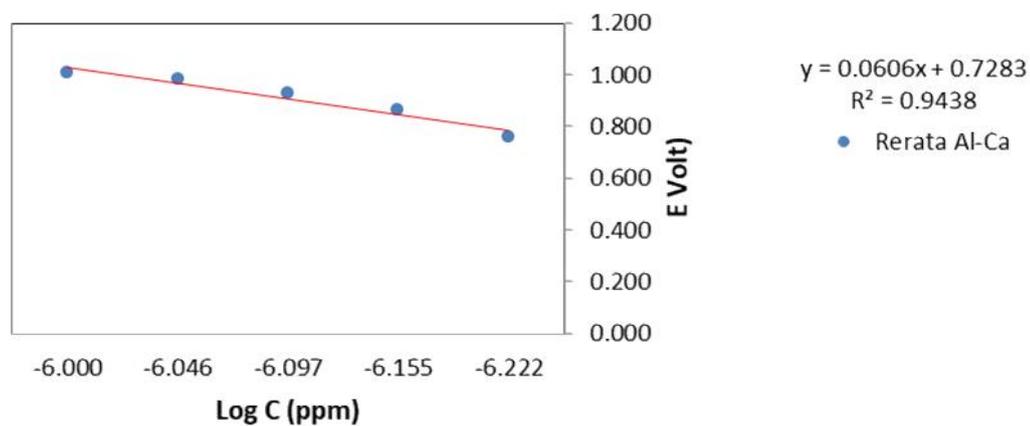
Untuk rentang konsentrasi (Log C -8,00 - -6,699)



Untuk rentang konsentrasi (Log C -6,699 - 6,222)



Untuk rentang konsentrasi (Log C -6,222 - 6,000)



Berdasarkan hasil regresi linier pada grafik potensial E (volt) terhadap logaritma konsentrasi diperoleh beberapa nilai parameter.

Tabel 11. Parameter yang didapat dari plot potensial E (Volt) terhadap logaritma konsentrasi dengan sensor endosulfan dan Al-C pada pengukuran hari ke-1

Sensor	Rentang konsentrasi $\times 10^{-6}$ (ppm)	$E = K + N$ (slope) Log C	z	R^2
aluminium - carbon	0,01 - 0,2	0.051 + 0,0729 Log C	0.796	0.991
	0,2 - 0,6	0.305 + 0,1134 Log C	0.511	1.000
	0,6 - 1,0	0.728 + 0,0606 Log C	0.957	0.948

Tabel 12. Pengukuran untuk penentuan reipitabilitas sensor Al-C MIP Endosulfan pada pengukuran hari ke-1

Log C	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	rerata
-8.000	0.122	0.141	0.141	0.135
-7.301	0.175	0.178	0.197	0.183
-7.000	0.245	0.269	0.271	0.262
-6.699	0.348	0.359	0.354	0.354
-6.523	0.412	0.419	0.411	0.414
-6.398	0.529	0.537	0.540	0.535
-6.301	0.628	0.649	0.667	0.648
-6.222	0.752	0.761	0.773	0.762
-6.155	0.871	0.869	0.863	0.868
-6.097	0.941	0.930	0.920	0.930
-6.046	0.987	0.972	0.990	0.983
-6.000	1.012	1.020	0.990	1.007

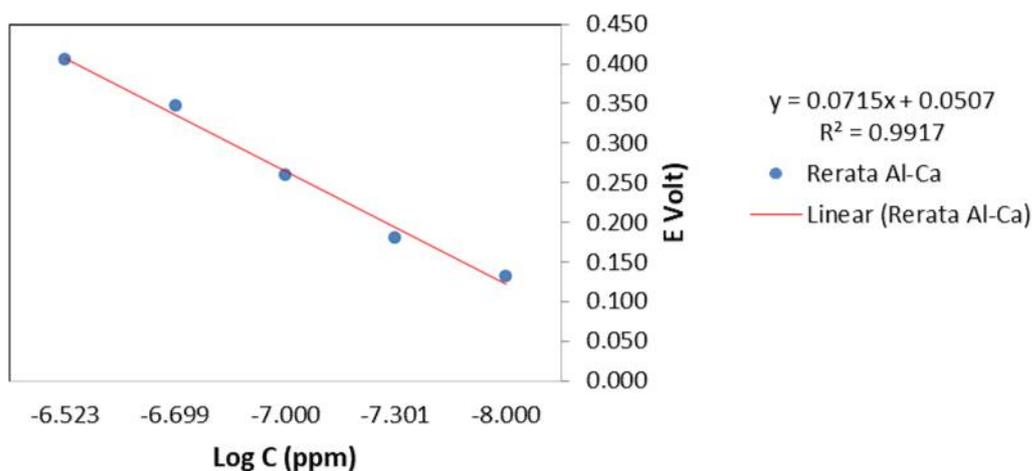
2. Data potensial terukur dengan sensor alumunium – karbon untuk MIP Endosulfan pada hari ke-20

Tabel 13. Log konsentrasi dan rerata potensial pengukuran hari ke-20

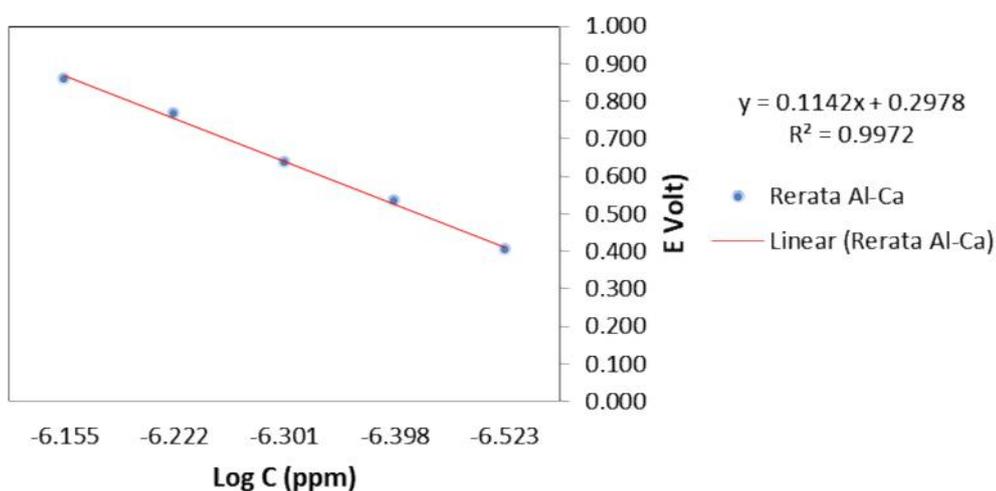
Konsentrasi (C) (10^{-6} mol/L)	Log C	Potensial (Volt)			
		1	2	3	Rerata (Al-C)
0.00000001	-8.000	0.129	0.123	0.143	0.132
0.00000005	-7.301	0.187	0.170	0.183	0.180
0.00000010	-7.000	0.258	0.251	0.273	0.261
0.00000020	-6.699	0.346	0.341	0.356	0.348
0.00000030	-6.523	0.406	0.400	0.410	0.405
0.00000040	-6.398	0.526	0.522	0.552	0.533
0.00000050	-6.301	0.625	0.644	0.644	0.637
0.00000060	-6.222	0.759	0.764	0.781	0.768
0.00000070	-6.155	0.861	0.855	0.861	0.859
0.00000080	-6.097	0.932	0.941	0.912	0.928
0.00000090	-6.046	0.988	0.978	0.967	0.978
0.00000100	-6.000	1.021	0.998	0.987	1.002

3. Menentukan Slope (Nilai Faktor Nernst), z (Muatan Ion), dan Linearitas (R^2) pada pengukuran hari ke-20

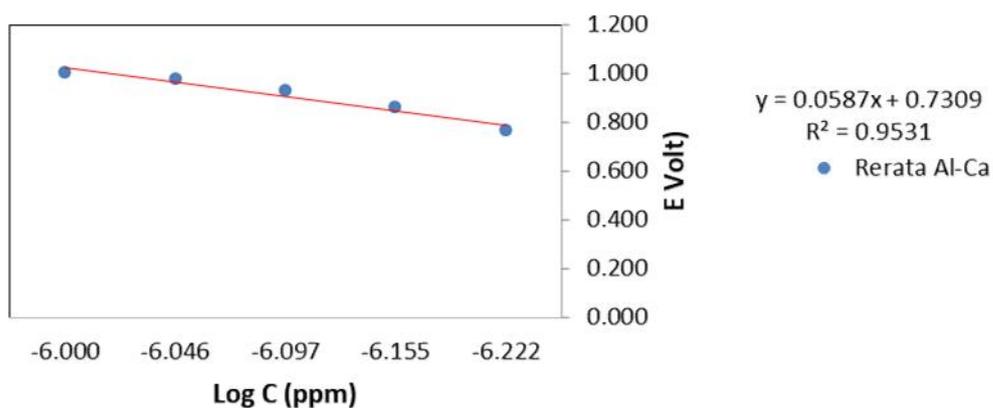
Pada rentang konsentrasi (Log C -8,00 - -6,699) diperoleh grafik:



Pada rentang konsentrasi (Log C -6,699 - 6,222) diperoleh grafik:



Pada rentang konsentrasi (Log C -6,222 - 6,000) diperoleh grafik:



Berdasarkan hasil regresi linier pada grafik potensial E (volt) terhadap logaritma konsentrasi diperoleh beberapa nilai parameter.

Tabel 14. Parameter yang didapat dari plot potensial E (Volt) terhadap logaritma konsentrasi dengan sensor Endosulfan dan Al-C pada pengukuran hari ke-20

Sensor	Rentang konsentrasi x 10 ⁻⁶ (ppm)	E = K + N (slope) Log C	z	R ²
aluminium - carbon	0,01 - 0,2	0.051 + 0,0715 Log C	8.112	0.992
	0,2 - 0,6	0.298 + 0,1142 Log C	0.508	0.997
	0,6 - 1,0	0.731 + 0,0587 Log C	0.988	0.953

Tabel 15. Pengukuran untuk penentuan reipitabilitas sensor Al-C MIP Endosulfan pada pengukuran hari ke-20

Log C	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	rerata
-8.000	0.129	0.123	0.143	0.132
-7.301	0.187	0.170	0.183	0.180
-7.000	0.258	0.251	0.273	0.261
-6.699	0.346	0.341	0.356	0.348
-6.523	0.406	0.400	0.410	0.405
-6.398	0.526	0.522	0.552	0.533
-6.301	0.625	0.644	0.644	0.637
-6.222	0.759	0.764	0.781	0.768
-6.155	0.861	0.855	0.861	0.859
-6.097	0.932	0.941	0.912	0.928
-6.046	0.988	0.978	0.967	0.978
-6.000	1.021	0.998	0.987	1.002

4. Data potensial terukur dengan sensor aluminium – karbon untuk MIP Endosulfan pada pengukuran hari ke-45

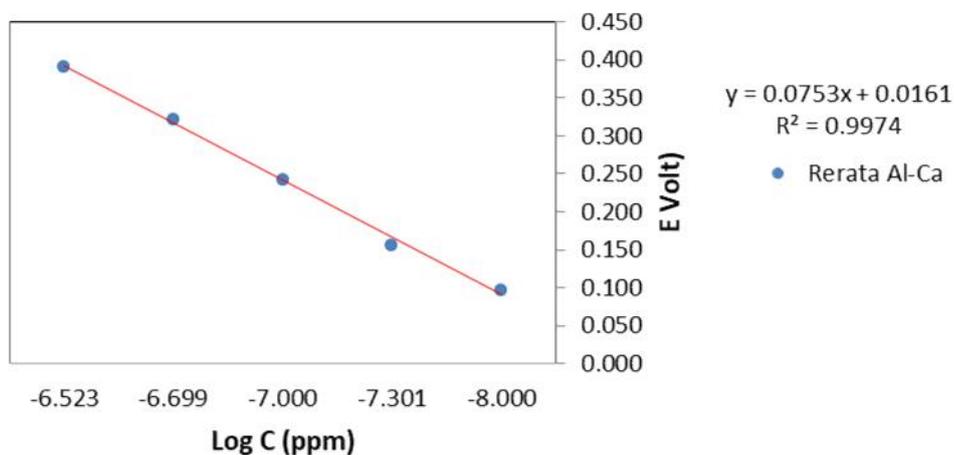
Tabel 16. Log konsentrasi dan rerata potensial pengukuran hari ke-45

Konsentrasi (C) (10 ⁻³ mol/L)	Log C	Potensial (Volt)			
		1	2	3	Rerata (Al-C)
0.000000001	-8.000	0.098	0.097	0.097	0.097
0.000000050	-7.301	0.149	0.156	0.166	0.157
0.000000100	-7.000	0.239	0.233	0.256	0.243
0.000000200	-6.699	0.322	0.313	0.329	0.321
0.000000300	-6.523	0.389	0.398	0.387	0.391

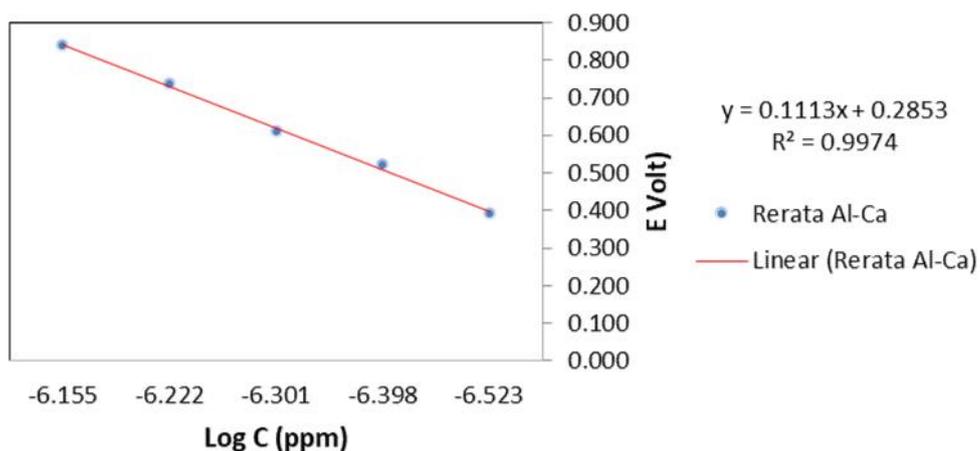
0.000000400	-6.398	0.511	0.526	0.521	0.519
0.000000500	-6.301	0.598	0.628	0.601	0.609
0.000000600	-6.222	0.732	0.748	0.732	0.737
0.000000700	-6.155	0.834	0.840	0.842	0.839
0.000000800	-6.097	0.901	0.892	0.919	0.904
0.000000900	-6.046	0.945	0.933	0.962	0.947
0.000001000	-6.000	0.979	0.993	1.001	0.991

5. Menentukan Slope (Nilai Faktor Nernst), z (Muatan Ion), dan Linearitas (R^2) pada pengukuran hari ke-45

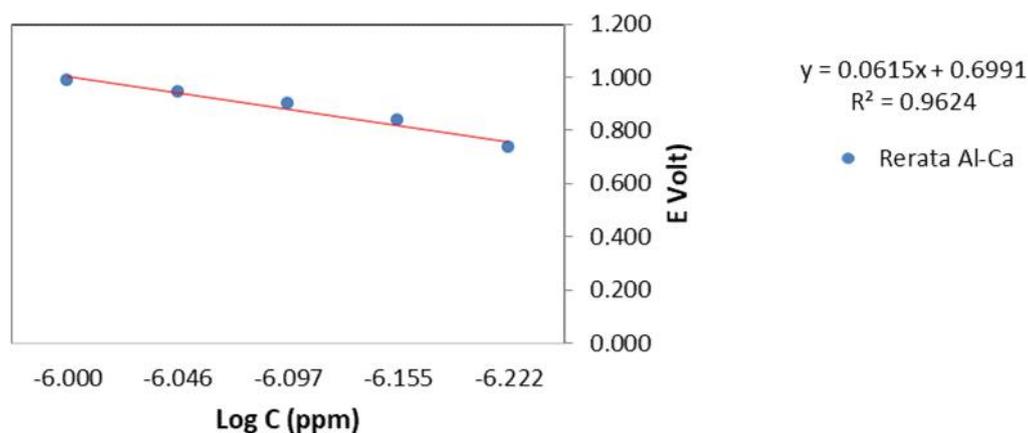
Pada rentang konsentrasi (Log C -8,00 - -6,699) diperoleh grafik:



Pada rentang konsentrasi (Log C -6,699 - 6,222) diperoleh grafik:



Pada rentang konsentrasi (Log C -6,222 - 6,000) diperoleh grafik



Berdasarkan hasil regresi linier pada grafik potensial E (volt) terhadap logaritma konsentrasi diperoleh beberapa nilai parameter.

Tabel 17. Parameter yang didapat dari plot potensial E (Volt) terhadap logaritma konsentrasi kontak Al-C pada pengukuran hari ke-45

Sensor	Rentang konsentrasi x 10^{-6} (ppm)	$E = K + N$ (slope) Log C	z	R^2
aluminium - carbon	0,01 - 0,2	0.016 + 0,0753 Log C	0.770	0.997
	0,2 - 0,6	0.285 + 0,1113 Log C	0.521	0.997
	0,6 - 1,0	0.699 + 0,0615 Log C	0.943	0.962

Tabel 18. Pengukuran untuk penentuan replotabilitas sensor Al-C MIP Endosulfan pada pengukuran hari ke-45

Log C	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	rerata
-8.000	0.098	0.097	0.097	0.097
-7.301	0.149	0.156	0.166	0.157
-7.000	0.239	0.233	0.256	0.243
-6.699	0.322	0.313	0.329	0.321
-6.523	0.389	0.398	0.387	0.391
-6.398	0.511	0.526	0.521	0.519
-6.301	0.598	0.628	0.601	0.609
-6.222	0.732	0.748	0.732	0.737
-6.155	0.834	0.840	0.842	0.839
-6.097	0.901	0.892	0.919	0.904
-6.046	0.945	0.933	0.962	0.947
-6.000	0.979	0.993	1.001	0.991

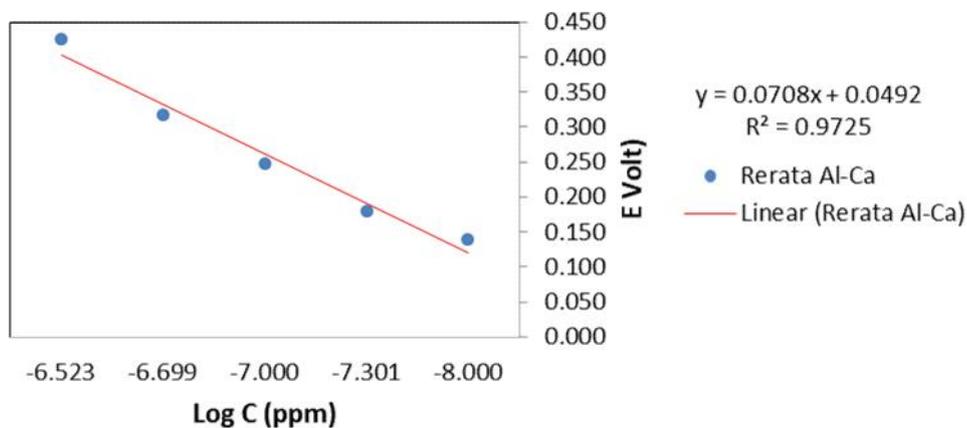
6. Menentukan Slope (Nilai Faktor Nernst), z (Muatan Ion), dan Linearitas (R^2) pada pengukuran hari ke-90

Tabel 19. Log konsentrasi dan rerata potensial pengukuran hari ke-90

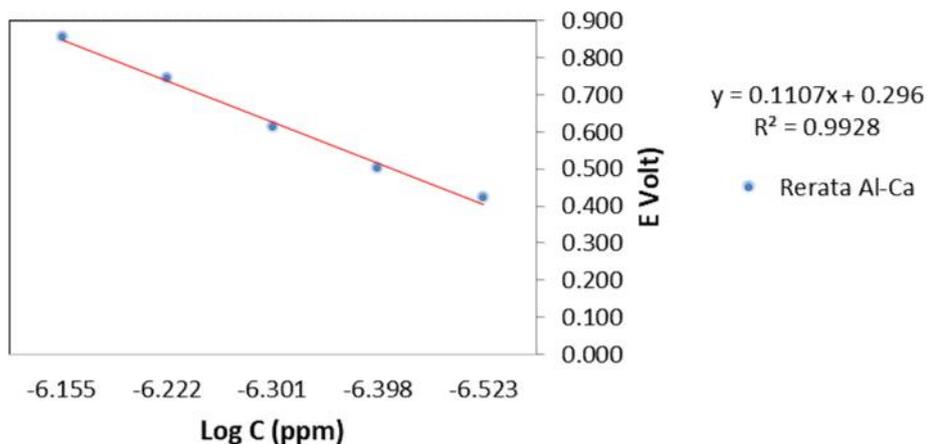
Konsentrasi (C) ppm	Log C (ppm)	Potensial (Volt)			
		1	2	3	Rerata (Al-C)
0.00001	-8.000	0.355	0.358	0.366	0.360
0.00005	-7.301	0.409	0.405	0.412	0.408
0.00010	-7.000	0.478	0.490	0.504	0.490
0.00020	-6.699	0.572	0.577	0.580	0.576
0.00030	-6.523	0.641	0.638	0.637	0.639
0.00040	-6.398	0.763	0.767	0.769	0.766
0.00050	-6.301	0.869	0.893	0.904	0.888
0.00060	-6.222	1.000	1.012	1.011	1.007
0.00070	-6.155	1.090	1.076	1.086	1.084
0.00080	-6.097	1.208	1.211	1.218	1.212
0.00090	-6.046	1.334	1.347	1.319	1.333
0.00100	-6.000	1.468	1.478	1.458	1.468

7. Menentukan Slope (Nilai Faktor Nernst), z (Muatan Ion), dan Linearitas (R^2) pada pengukuran hari ke-90

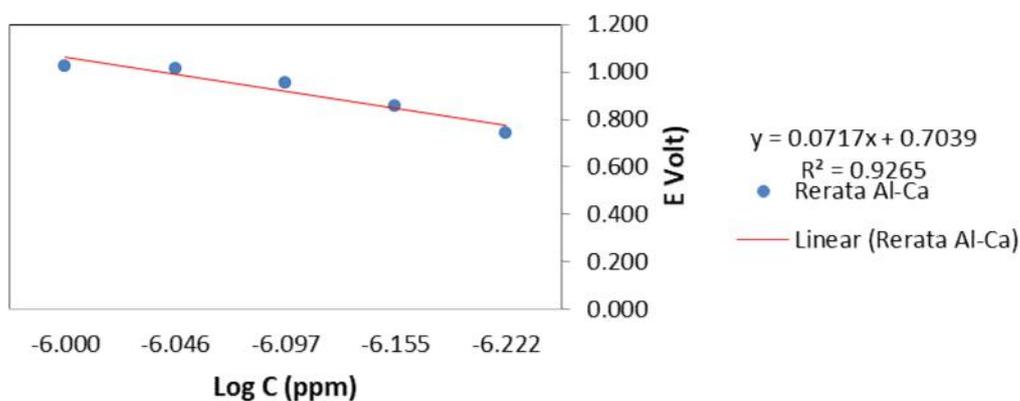
Pada rentang konsentrasi (Log C -8,00 - -6,699) diperoleh grafik:



Pada rentang konsentrasi (Log C -6,699 - 6,222) diperoleh grafik:



Pada rentang konsentrasi (Log C -6,222 - 6,000) diperoleh grafik:



Berdasarkan hasil regresi linier pada grafik potensial E (volt) terhadap logaritma konsentrasi diperoleh beberapa nilai parameter.

Tabel 20. Parameter yang didapat dari plot potensial E (Volt) terhadap logaritma konsentrasi kontak Al-C pada pengukuran hari ke-90

Sensor	Rentang konsentrasi x 10 ⁻³ (ppm)	E = K + N (slope) Log C	z	R ²
aluminium - karbon	0,01 - 0,2	0.049 + 0,0708 Log C	0.819	0.973
	0,2 - 0,6	0.296 + 0,1044 Log C	0.524	0.993
	0,6 - 1,0	0.704 + 0,0717 Log C	0.809	0.927

Tabel 21. Pengukuran untuk penentuan reipabilitas sensor Al-C MIP Simazin pada pengukuran hari ke-90

Log C	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	rerata
-8.000	0.139	0.135	0.146	0.140
-7.301	0.179	0.172	0.186	0.179

-7.000	0.239	0.243	0.259	0.247
-6.699	0.312	0.313	0.329	0.318
-6.523	0.438	0.415	0.421	0.425
-6.398	0.491	0.501	0.511	0.501
-6.301	0.611	0.609	0.621	0.614
-6.222	0.732	0.748	0.757	0.746
-6.155	0.862	0.860	0.845	0.856
-6.097	0.941	0.963	0.959	0.955
-6.046	1.019	0.998	1.021	1.013
-6.000	1.011	1.027	1.039	1.026

Table 22. Data Stabilitas Sensor MIP Endosulfan

Log C	hari ke-1	hari ke-20	hari ke-45	hari ke-90
-8.000	0.135	0.132	0.097	0.140
-7.301	0.183	0.180	0.157	0.179
-7.000	0.262	0.261	0.243	0.247
-6.699	0.354	0.348	0.321	0.318
-6.523	0.414	0.405	0.391	0.425
-6.398	0.535	0.533	0.519	0.501
-6.301	0.648	0.637	0.609	0.614
-6.222	0.762	0.768	0.737	0.746
-6.155	0.868	0.859	0.839	0.856
-6.097	0.930	0.928	0.904	0.955
-6.046	0.983	0.978	0.947	1.013
-6.000	1.007	1.002	0.991	1.026

LAMPIRAN 2 HASIL PERHITUNGAN KINETIKA

- A. Menghitung q_e (jumlah zat teradsorpsi tiap unit massa adsorben (mg/g) pada kesetimbangan

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m_{ads}} \times V_{sampel}$$

C_0 = konsentrasi awal zat terlarut didalam sampel (mg/L)

C_e = konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

V = volume sampel (Liter)

m = berat adsorben (gram)

sebagai contoh, untuk konsentrasi endosulfan awal 1×10^{-7} mg/L

C_e endosulfan = $9,74 \times 10^{-8}$ mg/L

m rata-rata = 0,01425 gr

V sampel = 40 mL = 0,04 L

$$q_e = \frac{1 \times 10^{-7} - 9,74 \times 10^{-8}}{0,01425} \times 0,04 = 7,28546 \times 10^{-9} \text{ mg/g}$$

- B. Menghitung isoterm adsorpsi

sebagai contoh, untuk mip endosulfan (juga berlaku untuk simazin)

1. Isoterm Langmuir

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{Q_0 K_L C_e}$$

No	Q_e (mg/g)	C_e (mg/L)	$1/q_e$	$1/C_e$
1	7,28546E-09	9,74E-08	137259615,4	1,03E+07
2	1,37303E-08	4,95E-07	72831632,65	2,02E+06
3	1,26095E-07	9,55E-07	7930555,556	1,05E+06
4	1,5972E-07	1,94E-06	6260964,912	5,15E+05
5	1,56918E-07	2,94E-06	6372767,857	3,40E+05
6	1,90543E-07	3,93E-06	5248161,765	2,54E+05
7	2,0007E-07	4,93E-06	4998249,3	2,03E+05
8	2,35377E-07	5,92E-06	4248511,905	1,69E+05

9	2,63398E-07	6,91E-06	3796542,553	1,45E+05
10	2,63398E-07	7,91E-06	3796542,553	1,26E+05
11	2,61716E-07	8,91E-06	3820931,478	1,12E+05
12	2,47706E-07	9,91E-06	4037047,511	1,01E+05

2. Isoterm Freundlich

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

No	Qe	Ce	Log qe	Log Ce
1	7,28546E-09	9,74E-08	-8,13754	-7,011441
2	1,37303E-08	4,95E-07	-7,86232	-6,3053071
3	1,26095E-07	9,55E-07	-6,8993	-6,0199966
4	1,5972E-07	1,94E-06	-6,79664	-5,7115272
5	1,56918E-07	2,94E-06	-6,80433	-5,5310622
6	1,90543E-07	3,93E-06	-6,72001	-5,4053865
7	2,0007E-07	4,93E-06	-6,69882	-5,3072764
8	2,35377E-07	5,92E-06	-6,62824	-5,2279718
9	2,63398E-07	6,91E-06	-6,57939	-5,1607734
10	2,63398E-07	7,91E-06	-6,57939	-5,1020432
11	2,61716E-07	8,91E-06	-6,58217	-5,0502881
12	2,47706E-07	9,91E-06	-6,60606	-5,0038562

3. Isoterm Temkin

$$q_e = B \ln A_T + B \ln C_e$$

$$B = \frac{RT}{b_T}$$

No	Qe	Ce	Ln Ce
1	7,28546E-09	9,74E-08	-16,1444
2	1,37303E-08	4,95E-07	-14,5185
3	1,26095E-07	9,55E-07	-13,8616
4	1,5972E-07	1,94E-06	-13,1513
5	1,56918E-07	2,94E-06	-12,7357

6	1,90543E-07	3,93E-06	-12,4464
7	2,0007E-07	4,93E-06	-12,2205
8	2,35377E-07	5,92E-06	-12,0379
9	2,63398E-07	6,91E-06	-11,8831
10	2,63398E-07	7,91E-06	-11,7479
11	2,61716E-07	8,91E-06	-11,6287
12	2,47706E-07	9,91E-06	-11,5218

4. Isoterm DRK

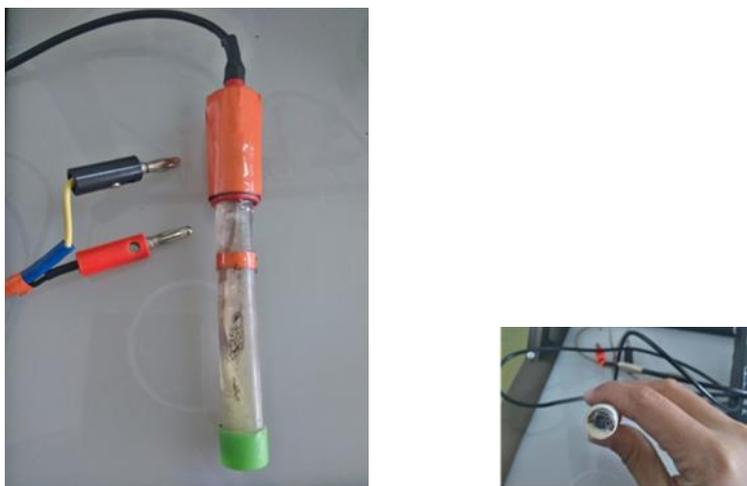
$$\ln q_e = \ln(q_s) - (K_{ad} \varepsilon^2)$$

$$\varepsilon = RT \ln \left[1 + \frac{1}{C_e} \right]$$

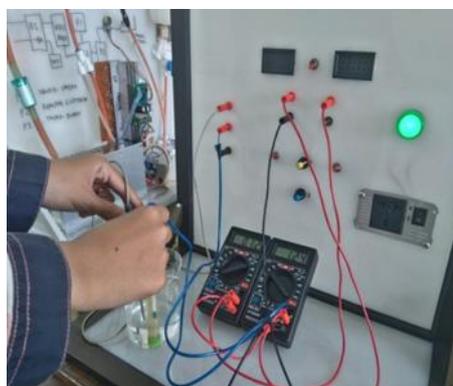
$$E = \left[\frac{1}{\sqrt{2B_{DR}}} \right]$$

No	qe	Ce	Ln qe	[Ln(1+1/Ce)] ²
1	7,28546E-09	9,74E-08	-18,7374	260,642934
2	1,37303E-08	4,95E-07	-18,1037	210,787033
3	1,26095E-07	9,55E-07	-15,8862	192,1427195
4	1,5972E-07	1,94E-06	-15,6498	172,956148
5	1,56918E-07	2,94E-06	-15,6675	162,1991829
6	1,90543E-07	3,93E-06	-15,4734	154,9120338
7	2,0007E-07	4,93E-06	-15,4246	149,3396552
8	2,35377E-07	5,92E-06	-15,2621	144,9099754
9	2,63398E-07	6,91E-06	-15,1496	141,2087041
10	2,63398E-07	7,91E-06	-15,1496	138,0130722
11	2,61716E-07	8,91E-06	-15,156	135,2272891
12	2,47706E-07	9,91E-06	-15,211	132,7522135

LAMPIRAN 3
DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 18. Sensor potensiometrik MIP Endosulfan



Gambar 19. Pengukuran potensial menggunakan sensor MIP Endosulfan

Date : 4th JUNE, 2017
Ref. No. : 176/SAFE-Network/SAFE2017/2017
Registration No : 2017-137

Yohandri Bow[#], Hairul^{*}, Ibnu Hajar[#]

[#] Chemical Engineering Department, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang 30139 Indonesia

E-mail: yohandriBow@gmail.com, hairulroni@gmail.com, ibnubaray@gmail.com

^{*}Electrical Engineering Department, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang 30139 Indonesia

Dear colleague,

Acceptance to present a paper for the conference

Thank you for submitting an abstract entitled:

Kinetics Adsorption Study of Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Endosulfan

For the International Conference-Sustainable Agriculture, Food and Energy (SAFE2017), Shah Alam-Malaysia.

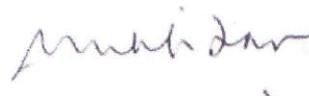
We are pleased to inform you that the committee has decided that your paper has been accepted for **oral presentation** in this conference. If you want to publish your paper, you must submit their original and unpublished full papers through the 4th International Conference Sustainable Agriculture, Food, and Energy (SAFE2016) using [EasyChair for SAFE2017 Submission System](#) at <http://safe2017.safetainability.org> or by e-mail to: safe2017malaysia@gmail.com. **The full paper is optional.** Please use single space format using [Template_SAFE_2017](#). The deadline for full paper submission is July 15, 2017.

Thank you very much and looking forward to seeing you in Shah Alam, Malaysia!

Regards,



Dr. Paul Kristiansen
Head of Advisory Board



Dr. Novizar Nazir
SAFE-Network Coordinator

Please print and bring with you to the conference

Event International Conference Sustainable Agriculture, Food and Energy 2017 (SAFE 2017)	
Date+Time Tuesday, Aug. 22, 2017, at 9.00 am-17.00 pm : KL City Tour Wednesday, Aug 23, 2017, at 08:00 am-17.00 pm (Conference) Wednesday, Aug. 23, 2017, at 14.00.00-17.00 am (Networking Discussion)	
Location Acappella Suite HOTEL, Shah Alam-MALAYSIA	Yohandri Bow /
Event Management  SAFE Network <small>Asia Pacific Network for Sustainable Agriculture, Food and Energy</small>	Affiliation Polytechnic of Sriwijaya INDONESIA
Payment US \$ 125.00 (Non-Student) US \$ 75.00 (student)	Registration Number 2017-137

All payment must be completed by **August 03, 2017** through wire transfer to:

BNI CABANG PADANG. INDONESIA

Account Name: AISMAN

Bank Address: JL. DOBI PADANG- Account Number: 0078008192

SWIFT CODE: BNINIDJAXX

or

Bank Name : **CIMB ISLAMIC BANK MALAYSIA**

Name : ASLINDA

Account Number: 7601924932

Official Website:

<http://safe2017.safetainability.org>



UNIVERSITI
TEKNOLOGI
MARA

SAFE NETWORK
Asia Pacific Network for Sustainable Agriculture, Food and Energy

SAFE
2017



SAFE 2017 - International Conference
Sustainable Agriculture, Food and Energy
August 22-24, 2017, MALAYSIA

CERTIFICATE

Asia Pacific Network for Sustainable Agriculture, Food and Energy (SAFE-Network)
and Universiti Teknologi MARA, MALAYSIA
Jointly certify that,

YOHANDRI BOW

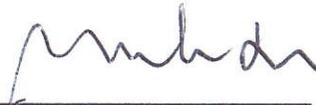
PRESENTER

International Conference-Sustainable Agriculture, Food and Energy (SAFE 2017)
Shah Alam Selangor, MALAYSIA. August 22-24, 2017

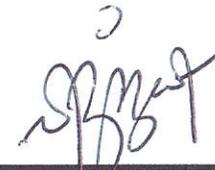
Global Innovation on Sustainability and Sustainable Development



Assoc. Prof. Dr. Nurul Huda
SAFE Network Resident Coordinator
UniSZA, Malaysia



Dr. Novizar Nazir
SAFE Network Coordinator
Andalas University, Indonesia



Prof. Dr. Azizah Hanom Ahmad
Conference Coordinator
Universiti Teknologi MARA, Malaysia

HOME FOR CONNECTING PEOPLE

Leave this box blank
Please submit online <http://www.insightsociety.org/ojaseit/index.php/ijaseit> in DOC file
Editor will not receive submission by email
Please be sure to check for spelling and grammar before submitting your paper.

Kinetics Adsorption Study of Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Endosulfan

Yohandri Bow[#], Hairul^{*}, Ibnu Hajar[#]

[#] *Chemical Engineering Department, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang 30139 Indonesia*
E-mail: yohandriBow@gmail.com, hairulroni@gmail.com, ibnubaray@gmail.com

^{*} *Electrical Engineering Department, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang 30139 Indonesia*

Abstract— This study describes methacrylic acid (MAA) as a functional monomer and ethylene glycol dimethacrylate acid (EDMA) as cross-linker, and benzoyl peroxide (BPO) as initiator in the preparation of molecular imprinted polymer endosulfan for the selective removal endosulfan. The polymer was characterized using Fourier Transformed Infrared (FTIR) spectroscopy and Scanning Electron Microscopy (SEM) techniques. The influence of parameter such as solution concentration, process time, and heating time towards removal endosulfan have been evaluated. The imprinted material shows fast kinetic and the optimum process time is 150 minutes. Compared with the corresponding non-imprinted polymer (NIP), the MIP endosulfan exhibit higher adsorption capacity and outstanding selectivity towards endosulfan. Freundlich isotherm best fitted the adsorption model.

Keywords— kinetics adsorption; molecularly imprinted polymer, endosulfan.

I. INTRODUCTION

Organochlorine pesticides are a group of chlorinated cyclodienes that are not only extremely toxic but also highly persistent organic pollutants (POPs). Although they play a vital role in crop production and protection, their widespread use has resulted in their bioaccumulation throughout the food chain and led to the contamination of various environments. The accumulation of organochlorines can have worst effects on human health and the environment, even though many of them are banned [1].

Endosulfan (6,7,8,9,10, 10-hexachloro- 1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methano-2,4,3-benzo-odioxathiepin-3-oxide) is one of the persistent organochlorine pesticides that is not banned worldwide and is consistently used in agriculture, viticulture and horticulture. The half-life of endosulfan in water depends on the amount of oxygen dissolved, turbidity, pH and other contaminants in the water; it varies from 3 days to 5 months. Endosulfan is an insecticide that acts a contact poison in a wide variety of insects and mite such as cabbage worm, and pests on fruits, vegetables, tobacco and cotton. Endosulfan can be easily absorbed into an organism

through its stomach, lung and even through the skin and hence is an active contact hepatotoxin [2].

Molecularly imprinted polymer (MIP) is today a viable synthetic approach to design robust molecular recognition materials able to mimic natural recognition entities, such as antibodies and biological receptors. The design of synthetic materials, which are able to mimic the recognition processes found in nature, has become an important and active area of research making in recent years molecular imprinting one of the strategies followed to create materials with recognition ability comparable to the natural system. MIP is considered a versatile and promising technique which is able to recognize both biological and chemical molecules including amino acids and proteins, nucleotide derivatives, pollutants, drugs and food [3]. Further, application areas include: separation sciences and purification [4], chemical sensors [5], catalysis [6], drug delivery [7], biological antibodies and receptors system [8].

II. THE MATERIALS AND METHODS

The synthesis was initiated by inserting endosulfan as a template into a tube containing chloroform. Later, methacrylic acid (MAA) as a functional monomer, ethylene

glycol dimethyl acrylate (EDMA) as a cross-linker, and benzoyl peroxide (BPO) as an initiator were added sequentially to make a pre-polymer solution. The pre-polymer solution was then stirred for 15 min, before it was out into a refrigerator at -5°C for 60 min. After that, the cooled solution was heated at 70°C for 150 min. Finally, the solid polymer product was formed in the solution. It was then filtered and crushed to obtain polymer particles. The resulting polymer particles were washed to remove the endosulfan template from them. As a result, cavities are left in the polymer particles and the polymer particles with cavities are known as endosulfan MIP particles. They can be used to identify a target that has physico-chemical properties similar to template.

A control sensor was prepared in every case following the same procedure, but in the absence of template molecule. The control (or non-imprinted polymer-modified sensor) had at any time the same treatment as the imprinted sensor, to ensure that the effects observed are only due to the imprinting features and not to the subsequent treatments under-gone by the sensor.

III. RESULTS AND DISCUSSION

The adsorption isotherm is studied to describe the interactive behaviour between the adsorbate and the adsorbent. Isotherm data analysis is important for estimating the adsorption capacity and for describing the adsorbent surface properties and affinity. Four most commonly used isotherm models, Langmuir [9], Freundlich [10], Temkin [11] and Dubinin-Radushkevich [12] were used to describe relationships between the amount of endosulfan adsorbed onto MIP Endosulfan (MAA-.....) and its equilibrium concentration in solutions at different temperatures. The applicability of the isotherm models was studied by judging the correlation coefficients, R^2 values.

The Freundlich isotherm model is most frequently employed to describe sorption onto heterogeneous surfaces from aqueous solution and reversible adsorption, which is not restricted to monolayer formations. It can be expressed in linear form as equation (1):

$$\log q_e = \log K_F + (1/n) \log C_e \quad (1)$$

where K_F ($\text{mg/g}(\text{L}\cdot\text{mg}^{-1})^{1/n}$) and $1/n$ are Freundlich constant related to adsorption capacity and adsorption intensity of the adsorbent respectively. The value of n indicates a favourable adsorption when $1 < n < 10$ and it more favourable as $1/n < 1$ [13].

The Langmuir isotherm model is predicated on the postulation that a structure of the adsorbent is homogeneous, where all sorption sites are similar and energetically equivalent. The general Langmuir equation is given as equation (2):

$$C_e/q_e = 1/(Q_m b) + (1/Q_m) C_e \quad (2)$$

where C_e is the equilibrium concentration of the endosulfan ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), q_e is the equilibrium adsorption capacity ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), b is the Langmuir adsorption constant ($\text{L}\cdot\text{mg}^{-1}$) and Q_m is the maximum adsorption amount ($\text{mg}\cdot\text{gr}^{-1}$), which can be

obtained from the slope and intercept of a plot C_e/q_e versus C_e . The favorability of an adsorption process is determined in terms of Langmuir isotherm, “ RL ” a dimensionless constant referred as separation factor or equilibrium parameter [14] is calculated using equation (3):

$$R_L = 1/(1+bC_0) \quad (3)$$

Where w is the Langmuir isotherm constant ($\text{L}\cdot\text{mg}^{-1}$) and C_0 is the highest initial endosulfan concentration ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). The RL values indicates the favorability of adsorption system. When $0 < R_L < 1.0$, it shows a good adsorption.

Temkin and Pyzhev explain the effects of indirect adsorbent/adsorbate interactions on adsorption isotherms. This isotherm postulates that (1) the adsorption heat of all the molecules in the layer reduces with coverage due to adsorbent-adsorbate interaction and that (2) the adsorption is explained by an even distribution of binding energies, up to some maximum binding energy [15]. The linear form of

$$Q_e = (RT/b) \ln(A) + (RT/b) \ln C_e \quad (4)$$

where $B = RT/b$, $A = K_T$ is the equilibrium binding constant ($\text{L}\cdot\text{mg}^{-1}$) related to the maximum binding energy and constant B is corresponds to the heat of adsorption. The values of K_T and B are determined using the intercept and slope of the linear plot of q_e versus $\ln C_e$.

Another model is Dubinin-Radushkevich (DRK) isotherm model, which is shown in the following linearized form as equation (5):

$$\ln Q_e = \ln Q_m - K_{DR} C_e^2 \quad (5)$$

Linearized forms of Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin-Radushkevich isotherm models were applied to fit the equilibrium data.

A. Langmuir Isotherm Adsorption for Al-Al Sensor with MIP Endosulfan

Langmuir represent the equilibrium distribution of metals ion between solid and liquid phase. Langmuir Isotherm applies to monolayer adsorption to the surface containing a number of identical sites. This model assume the same adsorption energy to the surface and there is no adsorbate migration in the surface.

From the experimental data obtained by the decrease of concentration at each time, through the equation of Langmuir adsorption we got the equation of straight line $y = 13.559x + 4 \times 10^6$, with $R^2 = 0.8982$. From that equation of straight line, we can calculate the Langmuir constant, which is 2.95×10^5 (L/mg) and maximum adsorption capacity of 2.5×10^{-7} (L/mg).

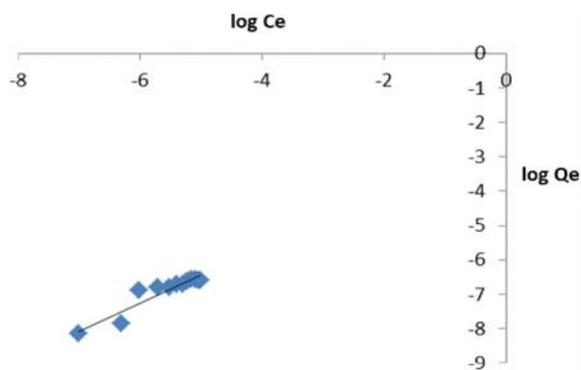


Fig. 1 Langmuir Isotherm MIP Simazine

From Fig. 1, obtained the equation of straight line, $y = 11,616x + 43217$ with $R^2 = 0,8593$. By inputting the equation of a straight line from Langmuir Isotherm, it is the slope of 11,616 and intercepts 43217. From this intercept, obtained q_s (maximum adsorption capacity) of $2,3139 \times 10^{-5}$ mg/g and from the slope is 11,616 and by inputting value of q_s obtained Langmuir adsorption constant of $3,720 \times 10^3$ L/mg.

B. Freundlich Isotherm Adsorption for Al-Al Sensor with MIP Simazine

Freundlich Isotherm often used in adsorption of liquid. The assumption from this isotherm is based that there is a heterogeneous surface with some type of active adsorption center. Freundlich Isotherm for endosulfan MIP can be seen in Figure 44. From figure 44, obtained R^2 of 0,8783, from the R^2 value, can be seen that the Langmuir isotherm regression value is better than Freundlich isotherm. From the equation of straight line, $y = 0,8105x - 2,3935$ calculated Freundlich constant, obtained $K_f = 4,04 \times 10^{-3}$ (mg/g) with $n = 1,2338$.

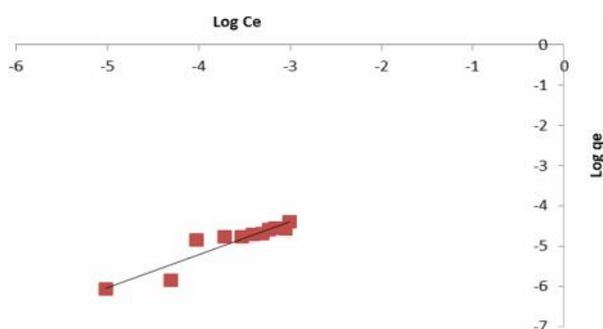


Fig. 2 Freundlich Isotherm MIP Endosulfan

C. Temkin Isotherm Adsorption for Al-Al Sensor with MIP Endosulfan

This isotherm model explicitly counts the interaction of adsorbent-adsorbate. Regardless of the concentration value (low or high), this model assumes that the heat of the

adsorption (temperature function) of all the molecules in the layer will decrease linearly. As implicit in the equation, the decrease is characterized by a same binding energy distribution (up to some maximum binding energy) carried out by modifying the absorbed quantity equation (q_e) to $\ln Ce$ and the constants determined from the slope and intercept.

Temkin Isotherm tends to show the distribution of bonding energy occurring at the time of adsorption process. As implicit in the equation, the decrease is characterized by a same binding energy distribution (up to some maximum binding energy) carried out by modifying the absorbed quantity equation (q_e) to $\ln Ce$ and the constants determined from the slope and intercept.

By modifying Temkin isotherm equation into the equation of a straight line, then plotted q_e versus $\ln Ce$ obtained the equation of a straight line.

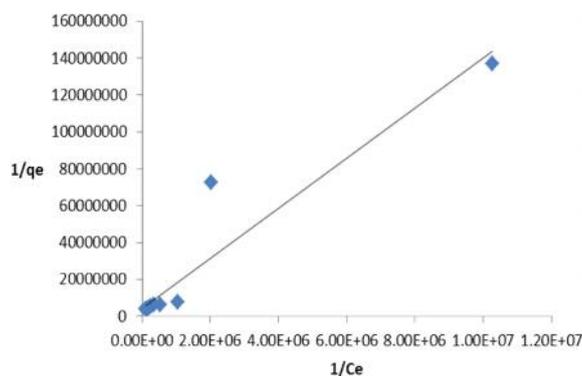


Fig. 3 Temkin Isotherm MIP Endosulfan

From Fig. 3, that equation obtained the AT of $1,79 \times 10^7$ L/mg, B (Constant related to the heat of adsorption) of 6×10^{-8} J/mol, and b (Temkin Isotherm Constant) of $4,13 \times 10^{10}$. Correction obtained (R^2) of 0.9186. The value of this error is greater when compared with the Langmuir isotherm model and Freundlich isotherm.

D. Dubinin-Radushkevich Isotherm Model

Dubinin-Radushkevich (DRK) Isotherm commonly applied to express the adsorption mechanism with Gaussian energy distribution to the heterogeneous surface. This model approach is usually applied to distinguish physical adsorption and chemical adsorption on metal ions with average free energy, E per adsorbate molecule (to remove a molecule from its location in the infiltration space to infinity).

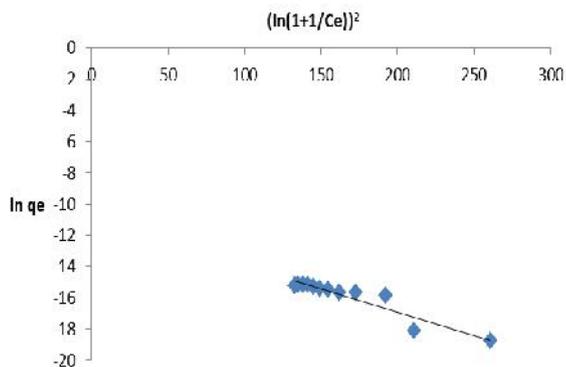


Fig. 4 Dubinin-Radushkevich Isotherm MIP Endosulfan

By plotting the data $\ln q_e$ versus $(\ln(1 + 1 / C_e))^2$ slope yields of 0.0298, with inputting R of 8,314 J/mol.K and T of 298 oK obtained Kad of 182.923, 218 mol²/J². Intercept obtained of $q_s = 1,76 \times 10^{-5}$ mg/g with E (free energy) of $1,6533 \times 10^{-6}$ KJ/mol which indicated as physical adsorption process. R² obtained of 0,8909 is lower when compared to Langmuir and Temkin adsorption, but higher when compared to Freundlich isotherm.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like express great gratitude to Ministry of Research, Technology and Higher Education that had funded this research and State Polytechnic of Sriwijaya that had facilitated this research.

REFERENCES

- [1] H. Saikh, N. Memon, M.I. Bhangar, S.M. Nizamani and A. Denizli, Core-shell molecularly imprinted polymer-based solid-phase microextraction fiber for ultra trace analysis of endosulfan I and II in real aqueous matrix through gas chromatography-micro electron capture detector, *Journal of Chromatography A*, 1337, pp. 179-187. 2014.
- [2] G. Vasapollo, R. D. Sole, L. Mergola, M. R. Lazzoi, A. Scardino, S. Scorrano and G. Mele., Molecularly imprinted polymers: Present and future prospective, *Int. J. Mol. Sci.* 12. Pp. 5908-5945. 2011.
- [3] Kanchan Singh, Akmal Pasha, B.E. Amitha Rani. Preparation of Molecularly Imprinted Polymers for Heptachlor: An Organochlorine Pesticide. *Chronicles of Young Scientists*, Vol. 4(1). p. 46-50. 2013. doi: 10.4103/2229-5186.108806.
- [4] Abdul Latif Ahmad, Nuur Fahanis Che Lah and Siew Chun Low. Molecular Imprinted Polymer for Atrazine Detection Sensor: Preliminary Study. *Chemical Engineering Transactions*. Vol. 45. p. 1483-1488. 2015. doi: 10.3303/CET1545248.
- [5] Maricely Janette Uria Toro, Luiz Diego Marestoni and Maria Del Pilar Taboada Sotomayor. A New Biomimetic Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymers for Highly Sensitive and Selective Determination of Hexazinone Herbicide. *Sensors and Actuators B* 208. p. 299-306. 2015.
- [6] Jianshe Tang and Li Xiang. Development of a Probe Based on Quantum Dots Embedded with Molecularly Imprinted Polymers to Detect Parathion. *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 25, No. 2. p. 787-793. 2016. doi: 10.15244/pjoes/60888.
- [7] Fabrizio Ruggieri, Luca Lozzi, Angelo Antonio and Sandro Santucci. Development of Molecularly Imprinted Polymeric Nanofibers by Electrospinning and Applications to Pesticide Adsorption: Sample Preparation. *Journal Separation Science*. February 2015. doi: 10.1002/jssc.201500033.
- [8] Singh, *et al.* *Molecular Imprinting for Heptachlor*. *Chronicles of Young Scientists*. Vol. 4, Issue 1 Jan-Jun. p. 46-50. 2013.
- [9] Vishnuvardhan, Varada, *et al.* *Imprinted Polymer Inclusion Membrane Based Potentiometric for Determination and Quantification of Diethyl Chlorophosphate in Natural Waters*. *American Journal of Analytical Chemistry*, 2, p. 376-382, 2011.

Penelitian Tahun 2021

Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi

Model Kinetika Adsorpsi Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Simazin
sebagai Sensor Potensiometrik



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

Jalan Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139
Telp. 0711-353414 Fax.0711- 355918
Laman: <http://polsri.ac.id> email: penelitian@polsri.ac.id

**PENELITIAN DASAR DAN PEMBINAAN/KAPASITAS TAHUN JAMAK TA 2021
ANTARA
PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (P3M)
DENGAN
KETUA PENELITI
Nomor: 036/PL6.2.1/PL/2021**

Pada hari ini Senin tanggal Dua puluh dua bulan Maret tahun Dua Ribu dua puluh satu, kami yang bertandatangan dibawah ini :

- 1. Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.** : Plt. Kepala P3M Politeknik Negeri Sriwijaya, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Politeknik Negeri Sriwijaya, yang berkedudukan di Jalan Sriwijaya Negera Bukit Besar Palembang, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA;**
- 2. Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.** : Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2021 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA.**

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI Tahun Anggaran 2021 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak**

PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI Tahun Anggaran 2021 dengan judul “Mode Kinetika Adsorpsi Moleculary Imprinted Polyner (MIP) Simazin sebagai Sensor Potensiometrik”.

**Pasal 2
Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp 127.240.000 (**Seratus dua puluh tujuh juta dua ratus empat puluh ribu rupiah**) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2021, tanggal 23 November 2020.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Pembayaran dilakukan sekaligus 100% dari seluruh total dana penelitian yaitu Rp 127.240.000 (*Seratus dua puluh tujuh juta dua ratus empat puluh ribu rupiah*), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PARA PIHAK** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
 - b. Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar luaran penelitian yang sudah di validasi oleh **PIHAK PERTAMA**
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama : **Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.**
Nomor Rekening : **1130007386125**
Nama Bank : **Bank Mandiri**

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4
Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 13 April 2021** dan berakhir pada **Tanggal 31 Oktober 2021**

Pasal 5
Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa Seminar Internasional
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa Prototype
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 6
Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
 - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7;
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
 - a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
 - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran wajib dan luaran tambahan **dan catatan harian pelaksanaan penelitian**;
 - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
 - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

Pasal 7
Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan dan Catatan harian penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat **30 Agustus 2021**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan dan Rekapitulasi Penggunaan Anggaran 70% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **8 September 2021**.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profil pada SIMLITABMAS paling lambat **31 Oktober 2021** (bagi penelitian tahun terakhir).
- (5) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Bentuk/ukuran kertas A4;
 - b. Di bawah bagian cover ditulis:

Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor: 098/SP2H/LT/DRPM/2021

Pasal 8 Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2021 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 9 Penilaian Luaran

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

Pasal 10 Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apa bila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 11 Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat(1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12 Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 13
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian Mode Kinetika Adsorpsi Molecularly Imprinted Polyner (MIP) Simazin sebagai Sensor Potensiometrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 14
Pajak-Pajak

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Politeknik Negeri Sriwijaya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 16
Penyelesaian Sengketa

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 17
Lain-lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.

- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.
NIDN: 0012036508

PIHAK KEDUA



Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIDN: 0023107103

MENGETAHUI
DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI SRIWJAYA



Dr. Dipl. Ing Ahmad Taqwa, M.T.
NIDN: 0004126802

- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.
NIDN: 0012036508

PIHAK KEDUA



Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIDN: 0023107103

MENGETAHUI
DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA



Dr. Dipl.-Ing Ahmad Taqwa, M.T.
NIDN: 0004126802



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Jalan Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139
Telp. 0711-353414 Fax.0711- 355918
Laman: <http://polsri.ac.id>, email: p3m@polsri.ac.id

SURAT PERNYATAAN TANGGUNGJAWAB MUTLAK
KONTRAK PENELITIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIP : 197110231994031000
Institusi : Politeknik Negeri Sriwijaya
No. Kontrak : 098/SP2H/LT/DRPM/2021
Jenis Kontrak : Penelitian Dasar dan Pembinaan/Kapasitas Tahun Jamak
Jumlah Dana : Rp 127.240.000
Judul : Mode Kinetika Adsorpsi Molecularly Imprinted Polyner (MIP)
Simazin sebagai Sensor Potensiometrik
Skim : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana dan berkewajiban untuk menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan;
2. Berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke Kas Negara;
3. Bertanggungjawab penuh atas data adminisitrasi pelaksana penerima dana ;
4. Berkewajiban untuk menindaklanjuti dan mengupayakan hasil yang dilakukan terlaksana secara efektif dan efisien, berupa luaran wajib dan tambahan yang telah dijanjikan dalam proposal penelitian;
5. Berkewajiban untuk menyimpan hardcopy dan softcopy Laporan Kemajuan dan Laporan Akhir .

Palembang, Maret 2021

Menyetujui,
Ptt. Kepala P3M

Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.
NIP 196503121990032001



Ketua Peneliti,
Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIP 197110231994031000

Mengetahui,
Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya

Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI
Tahun Ke-1**



**MODEL KINETIKA ADSORPSI MOLECULARLY IMPRINTED
POLYMER (MIP) SIMAZIN SEBAGAI SENSOR POTENSIOMETRIK**

TIM PENELITI

**Dr. Yohandri Bow, S.T., M.T.
Adi Syakdani, S.T., M.T.
Indah Purnamasari, S.T., M.Eng.**

Dibiayai oleh:

**Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor: 098/SP2H/LT/DRPM/2021**

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
2021**

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Hasil pelaksanaan penelitian berupa peralatan pengukuran potensial dengan kombinasi konfigurasi pengukuran dengan multimeter, lapisan film berupa membran *Molecularly Imprinted Polymer*, elektroda dengan bahan resin dengan menggunakan anoda dan katoda. Adapun hasil seperti berikut:

1. Peralatan pengukuran potensial

Peralatan ini dirancang untuk dapat dipergunakan sebagai potensiostat untuk dapat menerima informasi dari anoda dan katoda berupa potensial yang dihasilkan oleh adanya *motion force* dari sejumlah elektron yang menuju elektroda anoda dan katoda dan selanjutnya diteruskan kepada pembacaan pada multimeter.

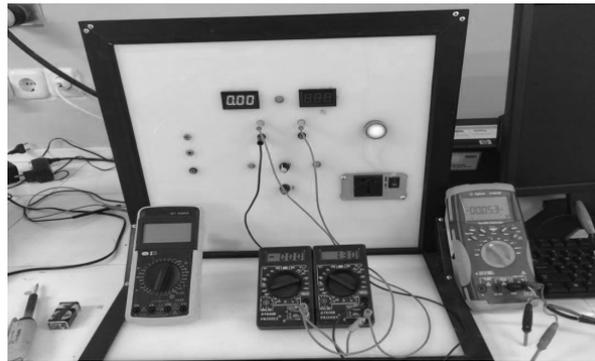
Kondisi operasi saat pengukuran dengan adalah:

Suhu lingkungan : 22-30 °C

Tekanan Lingkungan : 760 mmHg

Kelembaban Udara : 58-60%

Current use : Range 20 mA/0,01 mA DC dan Range~500mA/0,01 mA AC

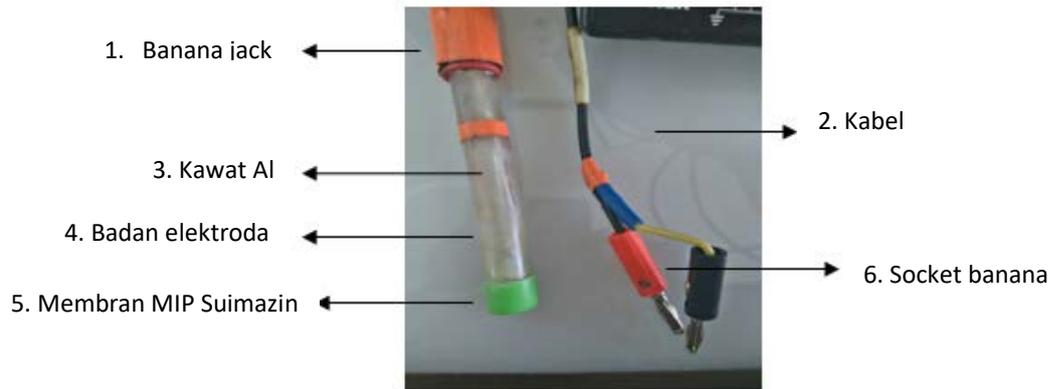


Gambar 1. Alat pengukur potensial

2. Elektroda MIP Simazin

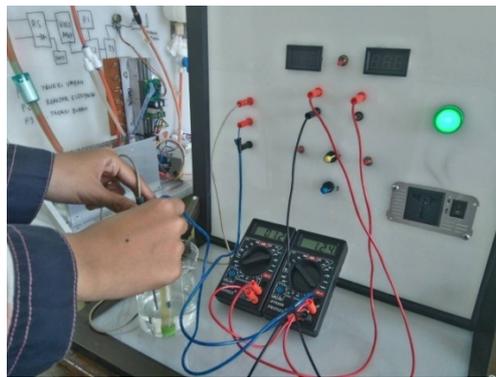
Elektroda merupakan bagian dari peralatan utama yang digunakan dalam penentuan analit. Secara umum elektroda dapat dinyatakan sebagai sensor yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur keberadaan konsentrasi simazin dalam larutan. Elektroda ini dibuat dengan bahan yang tidak bersifat penghantar arus, elektron namun merupakan bahan yang bersifat isolator. Elektroda terdiri dari dua buah kawat yang pada bagian ujungnya pada masing-masing kawat ditempatkan anoda dan katoda. Fungsi anoda dan katoda adalah bagian yang menangkap sinyal dari elektron yang menempel pada masing-masing anoda dan katoda, selanjutnya sinyal akan dikirimkan menuju multimeter pada alat pengukur potensial.

Adapun peralatan elektroda MIP simazin seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Elektroda MIP Simazin

3. Pengukuran menggunakan MIP Simazin
Pengukuran kandungan simazin pada larutan menggunakan elektroda yang terpasang pada peralatan potensiostat sebagai alat pendeteksinya. Adapun pengukuran seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran menggunakan sensor MIP simazin

4 Data Penelitian

Penelitian ini adalah untuk mendapatkan MIP simazin yang selanjutnya akan dipergunakan sebagai *layer* pada sensor kerja potensiometrik yang berbasis MIP simazin. Pentahapan penelitian sebagai berikut:

1. Pembuatan NIP (*Non Imprinted Polymer*)
2. Pembuatan MIP (*Molecularly Imprinted Polymer*)
3. Pembuatan *template*
4. Pembuatan badan sensor berbasis MIP
5. Proses penempatan MIP pada permukaan sensor
6. Pengukuran menggunakan sensor MIP dengan metode potensiometri
 - Menyiapkan larutan standar simazin dengan konsentrasi terendah hingga tertinggi, konsentrasi dimulai dari $0,1 \times 10^{-3}$ ppm – $1,0 \times 10^{-3}$ ppm Melakukan pengukuran untuk masing-masing larutan pada hari pertama.
 - Melakukan pengukuran hingga terjadinya perubahan potensial (pengukuran hari 1, 20 hari, 45 hari dan 90 hari), lamanya kestabilan potensial diperlukan untuk melihat usia pemakaian (*life time*) dari sensor yang dibuat.

Optimasi komposisi pembuatan molecularly imprinted polimer dalam pembuatan membran simazin seperti terlihat pada Tabel 1.

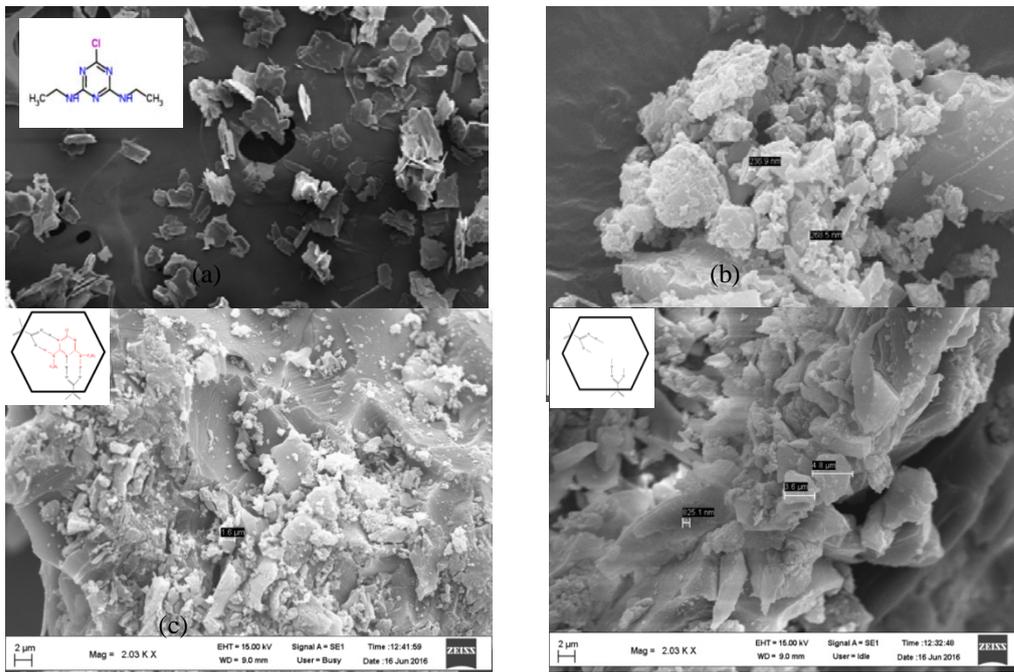
Tabel 1. Optimasi komposisi pembuatan MIP

Komposisi	Kondisi Fisik MIP
2,01 mL <i>chloroform</i> ; 0,3 mL MAA; 0,525 mL EDMA; BPO 0,07 g; 0,025 g simazin	Padat putih
6,02 mL <i>chloroform</i> ; 0,9 mL MAA; 1,575 mL EDMA; 0,07 g BPO; 0,025 g simazin	Padat bening

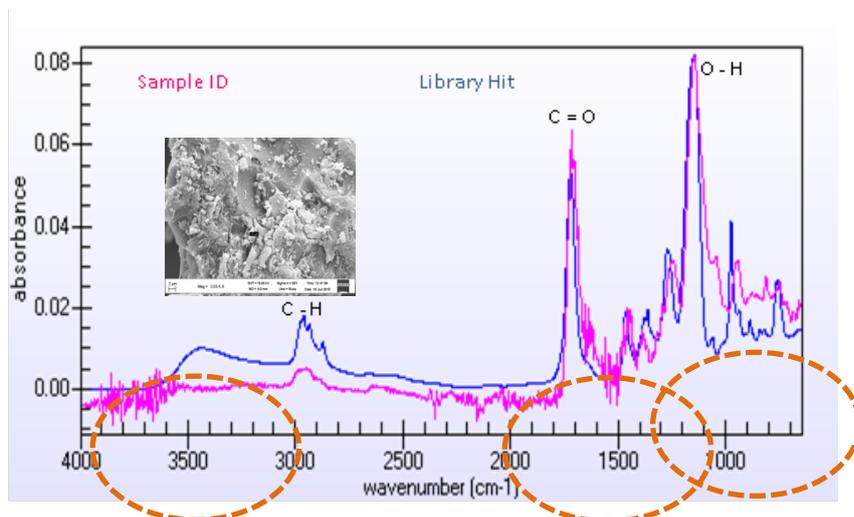
5 Hasil Analisis

Karakterisasi MIP Simazin

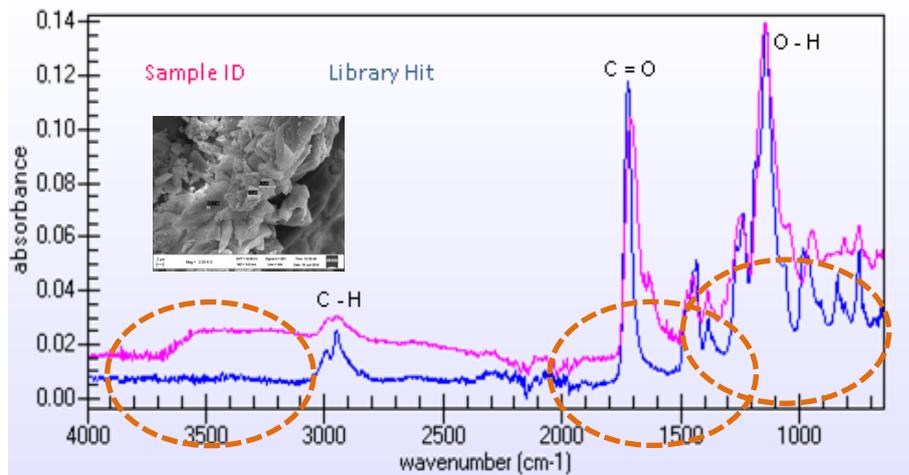
Karakterisasi MIP simazine meliputi analisis morfologi MIP dengan menggunakan SEM dan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR untuk menunjukkan efektifitas proses pencucian *template* dari MIP simazin. Karakterisasi fisik berupa morfologi MIP dilakukan dengan menggunakan SEM. Hasil pengujian ini akan terlihat jumlah serta ukuran pori dari sensor. Karakteristik permukaan polimer dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 SEM *image* dari polimer, (a) simazin, (b) NIP, (c) MIP sebelum pencucian, dan (d) MIP setelah pencucian gugus asam karboksilat.



a)



b)

Gambar 5 Spektrum FTIR a). Spektrum MIP Simazin tanpa pencucian
b). Spektrum MIP Simazin dengan pencucian

Capaian Luaran Wajib: Luaran wajib berupa 1 artikel pada jurnal internasional terindeks di pengindeks bereputasi

Capaian terhadap luaran wajib yaitu **Accepted** pada *International Journal of Advanced Science, Engineering and Information Technology* dengan judul: *Electrochemical sensor based on molecularly imprinted polymer (MIP) for simazine pesticide detection.*

Capaian Luaran Tambahan: 1 artikel pada jurnal nasional terakreditasi peringkat 1 -3, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, dengan status submit tgl 28 Juni 2021, dan in review pada tanggal 14 Juli 2021 dan terbit pada edisi Oktober 2021, 5(2), halaman 145-154 dengan judul:

Uji Kinerja Sensor Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Simazin secara Potensiometri

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Capaian Luaran Wajib: Luaran wajib berupa 1 artikel pada jurnal internasional terindeks di pengindeks bereputasi

Capaian terhadap luaran wajib yaitu **Accepted, published in Vol. 12 (2022) No.5.** pada *International Journal of Advanced Science, Engineering and Information Technology* dengan judul: *Electrochemical sensor based on molecularly imprinted polymer (MIP) for simazine pesticide detection.*



Dear Yohandri Bow,
Chemical Engineering Department, Politeknik Negeri-Sriwijaya, Jalan Sriwijaya Negara,
Palembang, 30139, Indonesia
E-mail: yohandri@poltek.ac.id

RE: JOURNAL ACCEPTANCE LETTER

We are happy to inform you that since Volume 5 (2021), the *International Journal on Advanced Science, Engineering, Information and Technology (IJASEEIT)* has been indexed in Scopus.

The Scientific committee of IJASEEIT agree that the following manuscript is **accepted for publication in IJASEEIT and published in Vol. 12 (2022) No.5.**

Title:	Electrochemical Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer (MIP) for Simazine Pesticide Detection
Author(s):	Yohandri Bow, Adi Syakdan, Indah Paramasari, Rindianasari

Thank you for your contribution to International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology (IJASEEIT) and we look forward to receiving further submissions from you.

Sincerely,

Regards,

Rahmat Hidayat
Editor in Chief
International Journal on Advanced Science,
Engineering and Information Technology
<http://ijaseeit.insightsonline.com>

Capaian Luaran Tambahan: Luaran tambahan berupa 1 Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 3 yaitu Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan (JTKL) di Politeknik Negeri Malang dengan status *in review* pada 6 Agustus 2021. Website <http://jtkl.polinema.ac.id/index.php/jtkl>. Bukti in review ada pada Gambar 6.



Gambar 6. Bukti artikel sedang in review

Telah terbit secara *online* pada edisi Oktober 2021, 5(2), halaman 145-154 dengan judul: Uji Kinerja Sensor *Molecularly Imprinted Polymer (MIP)* Simazine secara Potensiometri, bukti terlampir.



Table of Contents		
Articles		
Pembuatan Briket Campuran Arang Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif	PDF	100-106
<i>Asa'il Mustain, Christyani Sindhuwati, Agung Ari Wibowo, Adinda Sindi Estelita, Nur Lailatur Rohmah</i>		
Pemodelan Dinamik Solar Cell dengan Metode Pendekatan Shepherd Modifikasi	PDF	107-114
<i>Wahyu Diski Pratama, Bidayatul Khoiriyah, Bella Octa Avenia, Supriyono Supriyono</i>		
Pengaruh Volume Solvent dan Berat Biji Alpukat (<i>Persea Americana</i> Mill) Terhadap Yield dan Karakteristik Hasil Ekstraksi	PDF	115-127
<i>Ary Rahmady Pratama, Eko Ariyanto, Mardwita Mardwita</i>		
Uji Kinerja Sensor Molecularely Imprinted Polymer (MIP) Simazin secara Potensiometri	PDF	145-154
<i>Yohandri Bowi, Adi Syakidani, Indah Purnomasari, Rusdianasari Rusdianasari</i>		
Panas Pretreatment Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Sodium Hidroksida dan Asam Fosfat	PDF	155-163
<i>Jabosar Ronggur Hamonangan Panjaitan</i>		
Fotodegradasi Terkatalisis TiO₂-H₂O₂ pada Pengolahan Limbah Cair Industri Mie Soun	PDF	164-174
<i>Khalidah Kholidah, Endang Tri Wahyuni, Eko Sugiharto</i>		
Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Rumpuk Laut Menggunakan Nano Karbon Aktif	PDF	175-180
<i>Prayitno Prayitno, Nanik Hendrawati, Indrazno Siradjuddin</i>		
Pengaruh Komposisi Sampah dan Feeding Rate terhadap Proses Biokonversi Sampah Organik oleh Larva Black Soldier Fly (BSF)	PDF	181-193

Gambar 7. Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan yang sedang *in review*

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala yang dihadapi yaitu terkait waktu untuk membuat artikel yang sangat singkat dikarenakan keterlambatan dalam pembuatan sensor dan karakterisasinya karena masa pandemi kampus mengalami masa *Work From Home* (WFH) dan PPKM. WFH menyebabkan pelaksanaan penelitian berlangsung secara perlahan namun proses penelitian tetap berjalan dalam mencapai luaran dengan memaksimalkan waktu kerja.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

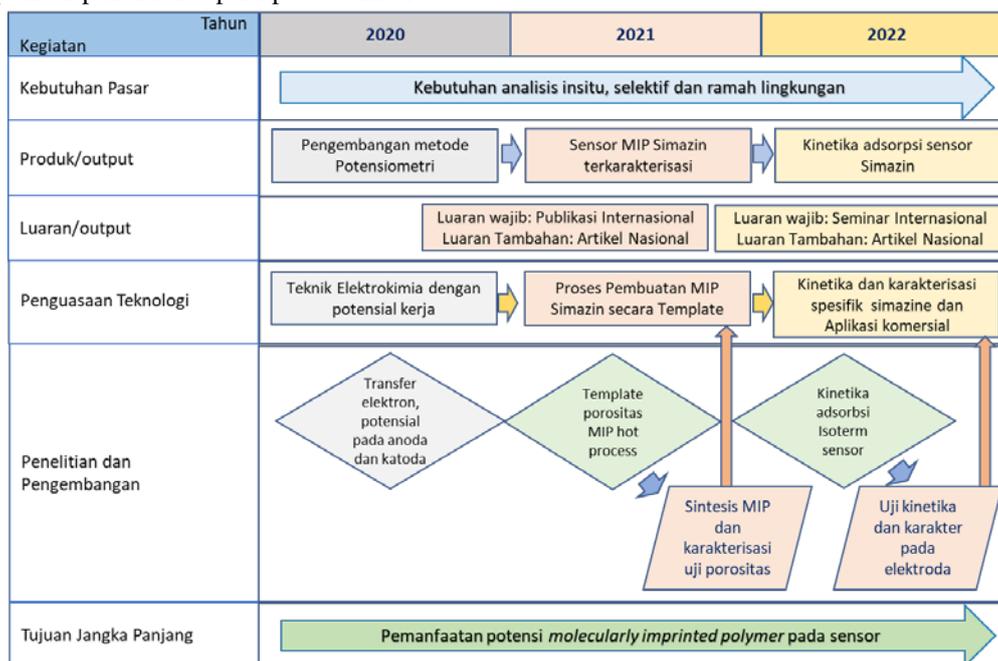
Tabel 2. Tahapan penelitian selanjutnya

Tahapan	Prosedur Pelaksanaan	Hasil/Luaran
Tahap 2 Pembuatan sensor berbasis MIP	Menggunakan aluminium yang dilapisi dengan MIP simazin dan aluminium	Sensor berbasis MIP simazin dan endosulfan
Validasi sensor	Pengukuran limit deteksi, Nernstian, rentang pengukuran, keterulangan pengukuran	Karakteristik sensor berbasis MIP
Tahap 3 Kinetika adsorpsi MIP	Menghitung isoterm adsorpsi, isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich, Isoterm Temkin dan Isoterm Dubinin-Radushkevich	Konstanta isoterm Langmuir, Freundlich, Temkin dan Dubinin-Radushkevich

Validasi sensor MIP dilakukan untuk mengetahui: kecermatan, ketepatan, sensitivitas, batas deteksi, stabilitas dan keterulangan pengukuran.

Stabilitas pengukuran diperoleh dari pengulangan pengukuran dalam interval jam atau hari yang mengindikasikan usia pemakaian sensor MIP (*life time*). Keterulangan pengukuran diperoleh dengan melakukan beberapa kali pengulangan pengukuran terhadap analit.

Roadmap untuk penelitian seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Roadmap penelitian keseluruhan

Capaian Luaran Wajib: Luaran wajib berupa 3 artikel pada conference/seminar internasional di pengindeks bereputasi terbit di prosiding

Capaian Luaran Tambahan: Luaran tambahan berupa 1 Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

- [1] I. Royani, An Atrazine Molecularly Imprinted Polymer Synthesized Using a Cooling-Heating Method with Repeated Washing: Its Physico-Chemical Characteristics and Enhanced Cavities. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 9: 5651-5662, 2014.
- [2] Y. Bow, E. Sutriyono, S. Nasir, I. Iskandar, Molecularly Imprinted Polymers (MIP) based Electrochemical Sensor for Detection of Endosulfan Pesticide, *Int. Journal on Advanced. Science, Engineering and Information Technology*, Vol. 7 No. 2, 662-668, 2017.
- [3] Ganjali, M.R., Alizade, T., Larijani, B., Faribod, F and Norouzi, P. Nano-Composite Clozapine Potentiometric Karbon Paste Sensor Based on Biomimetic Molecular Imprinted Polymer. *Int. J. Electrochem.Sci.* 7: 4756-4765, 2012.
- [4] Y. Bow, Hairul, I. Hajar, Molecularly Imprinted Polymers (MIP) based PVC-Membrane-Coated Graphite Electrode for the Determination of Heavy Metals, of Endosulfan Pesticide, *Int. J. On Adv. Sci., Engineering and Information Technology*, Vol. 5 No. 6, 422-425, 2015.
- [5] Opick, A., Anna, M., Jekaterina, R., and Vitali, S. Molecularly Imprinted Polymers: A New Approach to the Preparation of Functional Materials in Proceeding of the Estonian Academy of Sciences 58(1): 3-11. Doi: 10.3176/proc.2009.1.01. 2019.
- [6] Shimizu, K. Molecularly Imprinted Polymers (MIPs) as Customizable Stationary phase. Department of Chemistry and Biochemistry, University of South Carolina, CosMos., 2012.
- [7] Y. Bow, E. Sutriyono, S. Nasir, I. Iskandar, Preparation of Molecularly Imprinted Polymer Simazine as Material Potentiometric Sensor, in Proceeding Matec Web of Conference 101, 01002, 2017.

Penelitian Tahun 2021

Penelitian Terapan (Kompetitif Nasional)

Tahun I

Produksi Hidrogen dari Air Laut menggunakan Hidrogen Fuel Generator
sebagai Sumber Energi Berkelanjutan



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

Jalan Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139
Telp. 0711-353414 Fax.0711- 355918
Laman: <http://polsri.ac.id> email: penelitian@polsri.ac.id

**PENELITIAN TERAPAN TAHUN JAMAK TA 2021
ANTARA
PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (P3M)
DENGAN
KETUA PENELITI
Nomor: 031/PL6.2.1/PL/2021**

Pada hari ini Kamis tanggal Delapan Belas bulan Maret tahun Dua Ribu dua puluh satu, kami yang bertandatangan dibawah ini :

- 1. Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.** : Plt. Kepala P3M Politeknik Negeri Sriwijaya, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Politeknik Negeri Sriwijaya, yang berkedudukan di Jalan Sriwijaya Negera Bukit Besar Palembang, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA;**
- 2. Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.** : Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2021 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA.**

Berdasarkan keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Nomor 10/E1/KPT/2021 Tentang Penetapan Pendanaan Penelitian Skema Terapan di Perguruan Tinggi Tahun 2021 **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak PENELITIAN TERAPAN Tahun Anggaran 2021 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak**

PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan PENELITIAN TERAPAN Tahun Anggaran 2021 dengan judul "**Produksi Hidrogen dari Air Laut Menggunakan Hidrogen Fuel Generator sebagai Sumber Energi Berkelanjutan**".

**Pasal 2
Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp 183.730.000 (**Seratus delapan puluh tiga juta tujuh ratus tiga puluh ribu rupiah**) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2021, tanggal 23 November 2020.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Pembayaran dilakukan sekaligus 100% dari seluruh total dana penelitian yaitu Rp 183.730.000 (*Seratus delapan puluh tiga juta tujuh ratus tiga puluh ribu rupiah*), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PARA PIHAK** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
 - b. Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar luaran penelitian yang sudah di validasi oleh **PIHAK PERTAMA**
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama : Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
Nomor Rekening : 1130007386125
Nama Bank : Bank Mandiri

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4
Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 13 April 2021** dan berakhir pada **Tanggal 31 Oktober 2021**

Pasal 5
Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa Seminar Internasional
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa Prototype
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 6
Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
- a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7;
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
 - c. **PIHAK KEDUA** menyerahkan hasil penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
- a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
 - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran wajib dan luaran tambahan **dan catatan harian pelaksanaan penelitian**;
 - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
 - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

Pasal 7
Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan dan Catatan harian penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat **30 Agustus 2021**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan dan Rekapitulasi Penggunaan Anggaran 70% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **8 September 2021**.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profil pada SIMLITABMAS paling lambat **31 Oktober 2021** (bagi penelitian tahun terakhir).
- (5) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Bentuk/ukuran kertas A4;
 - b. Di bawah bagian cover ditulis:

Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Jamak Penelitian Terapan dengan
Nomor Kontrak : 260/SP2H/LT/DRPM/2021
Tanggal 18 Maret 2021

Pasal 8 **Monitoring dan Evaluasi**

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2021 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 9 **Penilaian Luaran**

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

Pasal 10 **Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan**

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apa bila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 11 **Penggantian Ketua Pelaksana**

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat(1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12 **Sanksi**

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 13
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul “**Penelitian Produksi Hidrogen dari Air Laut Menggunakan Hidrogen Fuel Generator sebagai Sumber Energi Berkelanjutan**” sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 14
Pajak-Pajak

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Politeknik Negeri Sriwijaya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 16
Penyelesaian Sengketa

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 17
Lain-lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.

- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.
NIDN: 0012036508

PIHAK KEDUA



Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIDN: 0023107103

MENGETAHUI
DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI SRIWJAYA



Dr. Dipl. Ing Ahmad Taqwa, M.T.
NIDN: 0004126802

- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.
NIDN: 0012036508

PIHAK KEDUA



Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIDN: 0023107103

MENGETAHUI
DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA



Dr. Dipl.-Ing Ahmad Taqwa, M.T.
NIDN: 0004126802



**SURAT PERNYATAAN TANGGUNGJAWAB MUTLAK
KONTRAK PENELITIAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIP : 197110231994031000
Institusi : Politeknik Negeri Sriwijaya
No. Kontrak : 260/SP2H/LT/DRPM/2021
Jenis Kontrak : Penelitian Terapan Tahun Jamak
Jumlah Dana : Rp 183.730.000
Judul : Produksi Hidrogen dari Air Laut Menggunakan Hidrogen Fuel Generator sebagai Sumber Energi Berkelanjutan
Skim : Penelitian Terapan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana dan berkewajiban untuk menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan;
2. Berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke Kas Negara;
3. Bertanggungjawab penuh atas data adminisitrasi pelaksana penerima dana ;
4. Berkewajiban untuk menindaklanjuti dan mengupayakan hasil yang dilakukan terlaksana secara efektif dan efisien, berupa luaran wajib dan tambahan yang telah dijanjikan dalam proposal penelitian;
5. Berkewajiban untuk menyimpan hardcopy dan softcopy Laporan Kemajuan dan Laporan Akhir .

Palembang, Maret 2021

Menyetujui,
Pjt. Kepala P3M

Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.
NIP 196503121990032001



Peneliti,

Dr. Yonandri Bow, S.T., M.S.
NIP 197110231994031000



Mengetahui,
Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya

Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.
NIP 196812041997031001



**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN
Tahun Ke-1**



**PRODUKSI HIDROGEN DARI AIR LAUT MENGGUNAKAN HIDROGEN FUEL
GENERATOR SEBAGAI SUMBER ENERGI BERKELANJUTAN**

TIM PENELITIAN

**Dr. Yohandri Bow, S.T., M.T.
Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.
Anerasari Meidinariasty, B.Eng., M.Si.**

**Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Jamak Penelitian Terapan dengan
Nomor Kontrak : 260/SP2H/LT/DRPM/2021
Tanggal 18 Maret 2021**

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
2021**

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Rancangan alat hydrogen fuel generator dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Hydrogen Fuel Generator

Dari penelitian ini, Tabel 1-7 merupakan data yang didapatkan dari hasil pengujian peralatan *Hydrogen Fuel Generator* yang telah dirancang untuk menghitung produk *brown's gas* yang dihasilkan, efisiensi alat dan hasil analisa komposisi *brown's gas* yang dihasilkan.

Tabel 1. Produksi Gas Secara Teori

i (A)	t (detik)	Gas H ₂		Gas O ₂			Total Gas		
		(mol)	(L)	(mol)	(L)	(mol)	(L)	(LPM)	
3	2051	0,0318	0,4748	0,0159	0,2322	0,0478	0,7071	0,0206	
6	1274	0,0396	0,5899	0,0198	0,2884	0,0594	0,8784	0,0413	
9	924	0,0430	0,6418	0,0215	0,3138	0,0646	0,9557	0,0620	
12	694	0,0430	0,6418	0,0215	0,3138	0,0646	0,9557	0,0827	
15	511	0,0397	0,5915	0,0198	0,2893	0,0595	0,8809	0,1034	
18	406	0,0378	0,5640	0,1893	0,2758	0,0567	0,8398	0,1241	
21	336	0,0365	0,5445	0,0182	0,2663	0,0548	0,8109	0,1448	

Tabel 2. Produksi Gas Hasil Penelitian dengan Kadar Salinitas Air Laut 35 %

i (A)	t (detik)	Gas H ₂		Gas O ₂			Total Gas		
		(mol)	(L)	(mol)	(L)	(mol)	(L)	(LPM)	
3	2051	0,012	0,1787	0,006	0,0893	0,018	0,2681	0,0078	
6	1274	0,013	0,1936	0,0065	0,0968	0,0195	0,2904	0,0136	
9	924	0,014	0,2085	0,007	0,1042	0,021	0,3128	0,0203	
12	694	0,015	0,2234	0,0075	0,1117	0,0225	0,3351	0,0290	
15	511	0,018	0,2681	0,009	0,1340	0,027	0,4021	0,0472	
18	406	0,019	0,2904	0,0097	0,1452	0,029	0,4357	0,0640	
21	336	0,023	0,3500	0,011	0,1750	0,035	0,5250	0,0937	

Tabel 3. Produksi Gas Hasil Penelitian dengan Kadar Salinitas Air Laut 34 %

i (A)	t (detik)	Gas H ₂		Gas O ₂			Total Gas	
		(mol)	(L)	(mol)	(L)	(mol)	(L)	(LPM)
3	2280	0,011	0,1638	0,0055	0,0819	0,0165	0,2457	0,0064
6	1522	0,012	0,1787	0,0060	0,0893	0,0180	0,2681	0,0105
9	1242	0,014	0,2085	0,0070	0,1042	0,0210	0,3128	0,0151
12	732	0,013	0,2010	0,0067	0,1005	0,0202	0,3016	0,0240
15	526	0,016	0,2457	0,0082	0,1128	0,0247	0,3686	0,0420
18	448	0,018	0,2755	0,0092	0,1377	0,0277	0,4133	0,0536
21	376	0,022	0,3351	0,0112	0,1675	0,0337	0,5027	0,0802

Tabel 4. Produksi Gas Hasil Penelitian dengan Kadar Salinitas Air Laut 33 %

i (A)	t (detik)	Gas H ₂		Gas O ₂			Total Gas	
		(mol)	(L)	(mol)	(L)	(mol)	(L)	(LPM)
3	2408	0,010	0,1489	0,005	0,0744	0,015	0,2234	0,0055
6	1640	0,009	0,1340	0,0045	0,0670	0,0135	0,2010	0,0073
9	1302	0,011	0,1638	0,0055	0,0819	0,0165	0,2457	0,0111
12	778	0,012	0,1787	0,0060	0,0893	0,0180	0,2681	0,0206
15	532	0,013	0,2010	0,0067	0,1054	0,0202	0,3016	0,0340
18	460	0,017	0,2532	0,0085	0,1266	0,0255	0,3798	0,0495
21	402	0,022	0,3277	0,0110	0,1638	0,033	0,4915	0,0733

Tabel 5. Produksi Gas Hasil Penelitian dengan Kadar Salinitas Air Payau Sungsang 19 %

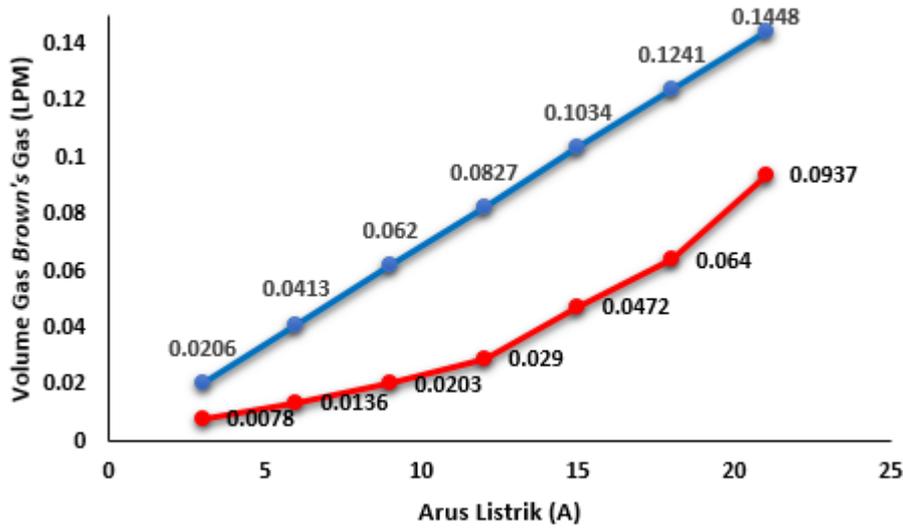
i (A)	t (detik)	Gas H ₂		Gas O ₂			Total Gas	
		(mol)	(L)	(mol)	(L)	(mol)	(L)	(LPM)
3	5084	0,008	0,1191	0,0040	0,0590	0,0120	0,1787	0,0021
6	4230	0,009	0,1340	0,0045	0,0670	0,0135	0,2010	0,0028
9	3662	0,009	0,1340	0,0045	0,0673	0,0135	0,2019	0,0032
12	3094	0,011	0,1638	0,0055	0,0819	0,0165	0,2457	0,0047
15	2644	0,012	0,1787	0,0060	0,0893	0,018	0,2681	0,0060
18	2098	0,017	0,2010	0,0067	0,1005	0,0202	0,3016	0,0686
21	1240	0,020	0,3053	0,0102	0,1526	0,0307	0,4580	0,0221

Tabel 6. Effisiensi Kinerja Alat Dengan Variasi Arus

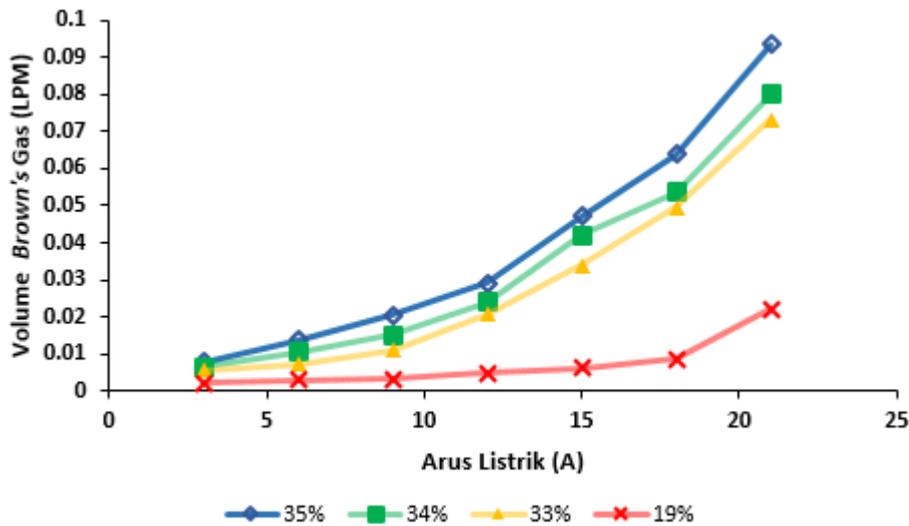
Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Waktu (detik)	Effisiensi Kinerja Alat (%)
3	3,5	2051	63,4729
6	6,02	1274	36,9029
9	8,4	924	26,4470
12	10,7	694	20,8299
15	13,2	511	16,8299
18	15,3	406	14,4256
21	17,1	336	12,9915

Tabel 7. Hasil Analisa *Brown's Gas*

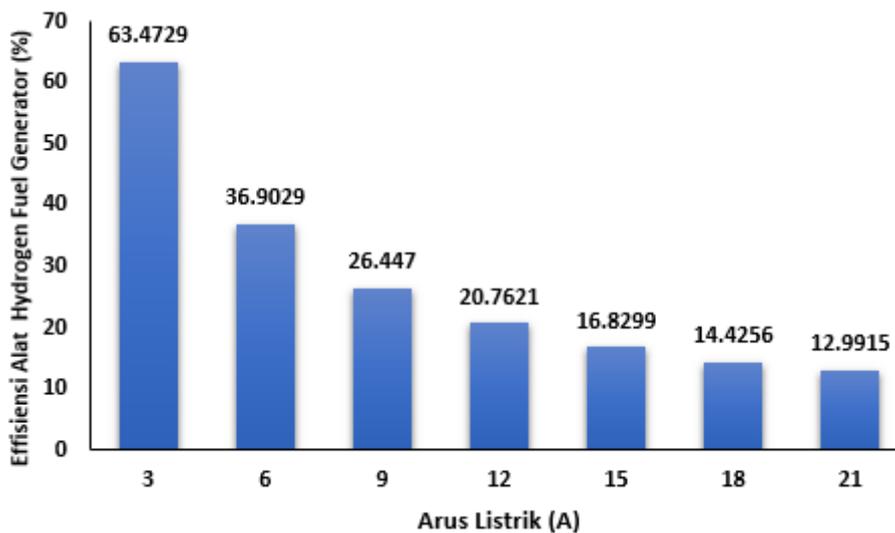
Salinitas (%)	Gas H ₂ (%)	Gas O ₂ (%)	Gas CO ₂ (%)	C _x H _y (%)
14	78.46	20.05	0.54	0.95
30	78.32	20.08	0.54	1.06
33	78.11	20.19	0.61	1.09
35	77.49	20.71	0.64	1.16



Gambar 2. Pengaruh Arus Listrik Terhadap Produksi *Brown's Gas* Secara Teori Vs Penelitian



Gambar 3. Pengaruh Arus Listrik Terhadap Produksi *Brown's Gas* Hasil Penelitian Variasi Kadar Salinitas



Gambar 4. Grafik Arus Listrik Vs Efisiensi Alat *Hydrogen Fuel Generator*

CAPAIAN LUARAN WAJIB: Luaran wajib berupa 1 paten sederhana

Capaian terhadap luaran wajib yaitu **draft paten telah terdaftar**

CAPAIAN LUARAN TAMBAHAN: 1 artikel pada prosiding international yaitu dengan mengikuti International Conference iCAST pada tanggal 24 Oktober 2021 dengan status artikel accepted dan telah diseminarkan, dengan judul: **Effect of stainless steel duplex electrode size on hydrogen production through electrolysis process.**

Bukti telah mengikuti International Conference



D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

CAPAIAN LUARAN WAJIB: Luaran wajib berupa 1 paten sederhana

Capaian terhadap luaran wajib yaitu **draft paten telah terdaftar**

CAPAIAN LUARAN TAMBAHAN: 1 artikel pada prosiding international yaitu dengan mengikuti International Conference iCAST pada tanggal 24 Oktober 2021 dengan status artikel accepted dan telah diseminarkan, dengan judul: **Effect of stainless steel duplex electrode size on hydrogen production through electrolysis process.**

Bukti telah mengikuti International Conference



E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Hydrogen Fuel Generator dirancang dengan tujuan untuk menghasilkan *brown's gas* sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan. Tinjauan perhitungan berorientasi dengan menghitung gas campuran antara gas H₂ dan gas O₂ atau yang disebut *brown's gas* serta efisiensi alat yang digunakan. Selain gas hydrogen, dari hydrogen fuel generator juga menghasilkan gas oksigen yang dapat digunakan pihak sebagai gas pada aerator pada kolam pengolahan air dimana pihak mitra memproduksi AMDK

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

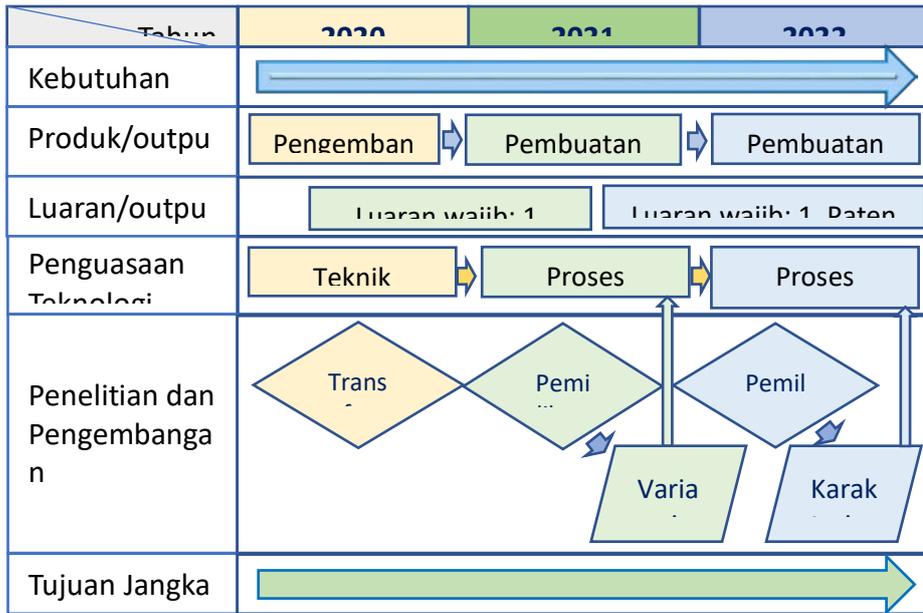
Kendala dalam penelitian ini adalah pada saat mengumpulkan produk gas, kantong gas ada kebocoran sehingga hasilnya tidak maksimal sehingga berulang kali dilakukan pengulangan.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana penelitian lanjutannya untuk tahun ke 2 adalah seperti pada tabel 8.

Tabel 8. Tahapan Penelitian

No.		Indikator Capaian	Luaran
1.	Tahun I	<ol style="list-style-type: none"> Merancang alat <i>hidrogen fuel generator</i> dengan elektroda pipa stainless steel untuk memisahkan gas hidrogen dan oksigen dari elektrolit air laut. Menentukan pengaruh jumlah dan ukuran elektroda untuk menghasilkan gas hidrogen dan oksigen yang optimal. 	<ol style="list-style-type: none"> Draft paten sederhana Publikasi ilmiah pada jurnal internasional bereputasi
2.	Tahun II	<ol style="list-style-type: none"> Mengaplikasikan hidrogen yang dihasilkan sebagai bahan bakar untuk genset Menghitung efisiensi alat hidrogen fuel generator 	<ol style="list-style-type: none"> Paten sederhana terdaftar Publikasi ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi



Gambar 5. Rancangan hydrogen fuel generator

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Sebastian, Otto. 2013. "Analisa Efisiensi Elektrolisis Air dari Hydrofill Pada Sel Bahan Bakar". Jurnal Dinamis, Volume II, No.12, Januari 2013.
2. Adi, I. K dan Budiartana, I. N. 2013. "Produksi Gas Dengan Proses Elektrolisis dalam Pembuatan Genaarator Gas HHO, Elektroda Lembaran dan Spiral dengan Katalis NaOH, NaCl dan NaHCO₃". Jurnal Logic, Volume.13. No.1. Halaman 61-66.
3. Muzakkir, Ahmad. 2014. "*Prototype Hydrogen Fuel Generator: Pengaruh Supply Arus Listrik dan Jumlah lempeng Elektroda Terhadap Produksi Gas Hidrogen dengan Elektrolit Asam Sulfat*". Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya
4. Farid, R dkk. 2012. "Perancangan dan Pembuatan Alat Pemproduksi Gas Brown dengan Metode Elektrolisis Berskala Laboratorium" Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No.1, (2012) 1-4.
5. Kementerian ESDM, 2018. <http://www.migas.esdm.go.id/>, diakses pada 2 Juli 2019.
6. Murjito, 2013. "Rancang Bangun Electrolyzer System Dry Cell Untuk Penghematan Bahan Bakar Kendaraan Bermotor" Jurnal Jurusan Teknik Mesin, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Malang Vol. 9, No.1, (2013).

Penelitian Tahun 2022

Penelitian Terapan (Kompetitif Nasional) Tahun I)

Produksi Hidrogen dari Air Laut menggunakan Hidrogen Fuel Generator
sebagai Sumber Energi Berkelanjutan



**PENELITIAN TERAPAN TA 2022
ANTARA
PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (P3M)
DENGAN
KETUA PENELITI
Nomor: 5716/PL6.2.1/PL/2022**

Pada hari ini Senin tanggal Dua puluh satu bulan Juni tahun Dua Ribu dua puluh dua, kami yang bertandatangan dibawah ini :

- 1. Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA.** : Plt. Kepala P3M Politeknik Negeri Sriwijaya, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Politeknik Negeri Sriwijaya, yang berkedudukan di Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
- 2. Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.** : Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2022 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

Kedua belah pihak secara bersama-sama telah sepakat mengadakan perjanjian Pelaksanaan Kontrak **Penelitian Terapan** Tahun Anggaran 2022 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak**

PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Terapan Tahun Anggaran 2022 dengan judul "**Produksi Hidrogen dari Air Laut Menggunakan Hidrogen Fuel Generator sebagai Sumber Energi Berkelanjutan**".

**Pasal 2
Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp98.934.000,00 (**Sembilan puluh delapan juta sembilan ratus tiga puluh empat ribu rupiah**) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi Nomor SP DIPA-023.18.1.690524/2022, tanggal 23 November 2021.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu $70\% \times \text{Rp}98.934.000,00 = \text{Rp}69.253.800,00$ (*Enam puluh sembilan juta dua ratus lima puluh tiga ribu delapan ratus rupiah*), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PARA PIHAK** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
 - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu $30\% \times \text{Rp}98.934.000,00 = \text{Rp}29.680.200,00$ (*Dua puluh sembilan juta enam ratus delapan puluh ribu dua ratus rupiah*), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke SIMLITABMAS yaitu Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian dan Catatan Harian.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama : Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
Nomor Rekening : 1130007386125
Nama Bank : Bank Mandiri

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4
Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Tanggal 14 Juni 2022** dan berakhir pada **Tanggal 30 November 2022**

Pasal 5
Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa Seminar Internasional
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa Prototype
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 6
Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
- a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7;
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
 - c. **PIHAK KEDUA** menyerahkan hasil penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
- a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
 - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran wajib dan luaran tambahan dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
 - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

Pasal 7
Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan dan Catatan harian penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat **23 September 2022**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan dan Rekapitulasi Penggunaan Anggaran 70% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **27 September 2022**.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah dan profil pada SIMLITABMAS paling lambat **30 November 2022 (bagi penelitian tahun terakhir)**.
- (5) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - a. Bentuk/ukuran kertas A4;
 - b. Di bawah bagian cover ditulis:

Dibiayai oleh:
Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi
Kementerian Pendidikan, Pendidikan, Riset, dan Teknologi
Sesuai dengan Kontrak Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Nomor : 081/SPK/D4/PPK.01.APTV/VI/2022
Tanggal 20 Juni 2022

Pasal 8
Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2022 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 9
Penilaian Luaran

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

Pasal 10
Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apa bila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 11
Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat(1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12
Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 13
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian "**Produksi Hidrogen dari Air Laut Menggunakan Hidrogen Fuel Generator sebagai Sumber Energi Berkelanjutan**" sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 14
Pajak-Pajak

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Politeknik Negeri Sriwijaya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 16
Penyelesaian Sengketa

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 17
Lain-lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.

- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam persetujuan ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut diatas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Dr. Rita Martini, S.E., M.Si., Ak., CA,
NIDN : 0012036508

PIHAK KEDUA



Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.,
NIDN : 0023107103

MENGETAHUI
DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA



Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.
NIDN : 0004126802

- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam persetujuan ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut diatas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Dr. Rita Mariani, S.E., M.Si., Ak., CA
NIDN : 0012036508

PIHAK KEDUA

Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIDN : 0023107103

MENGETAHUI

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA



Dr. Didiq Ahmad Taqwa, M.T.
NIDN : 0004126802

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN
Tahun Ke-2**



**PRODUKSI HIDROGEN DARI AIR LAUT MENGGUNAKAN HIDROGEN FUEL
GENERATOR SEBAGAI SUMBER ENERGI BERKELANJUTAN**

TIM PENELITI

Dr. Yohandri Bow, S.T., M.T.

Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.

Anerasari Meidinariasty, B.Eng., M.Si.

Dibiayai oleh:

Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi

Kementerian Pendidikan, Riset dan Teknologi

Sesuai dengan Kontrak Penelitian dan Pengabdian Masyarakat

No. 081/SPK/D4/PPK.01.APTV/VI/ 2022 tanggal 20 Juni 2022

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
2022**

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Rancangan alat hydrogen fuel generator dan arrestor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Hydrogen Fuel Generator dan Arrestor

Penelitian mengenai pengaruh bahan baku pembuatan arrestor terhadap terjadinya *flashback fire* pada produksi gas hidrogen yang dihasilkan *prototype* pembuatan hidrogen ini dilakukan dengan melihat kenaikan temperature pada *arrestor* terhadap lama waktu uji nyala gas hidrogen dengan hasil gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis larutan elektrolit. Pada penelitian ini didapatkan data berupa waktu dan temperatur arrestor yang menyatakan pengaruh bahan baku pembuatan *arrestor* terhadap terjadinya *flashback fire* dapat dilihat pada Tabel 1-3.

Tabel 1 Data hasil proses elektrolisis larutan elektrolit (15%)

NO	Waktu (detik)	Tegangan (Volt)	Temperatur (°C)	H ₂		Volume H ₂ Mg/m ³
				P (kg/cm ²)	T (°C)	
1	0	11.8	41.4			
2	30	11.8	41	0.38	31.9	83
3	60	11.8	41.5	0.4	32.1	89
4	90	11.9	42.9	0.42	33.7	92
5	120	11.8	44.9	0.43	34.9	90

Tabel 2 Data pengaruh Bahan Baku Penegisi Arrestor

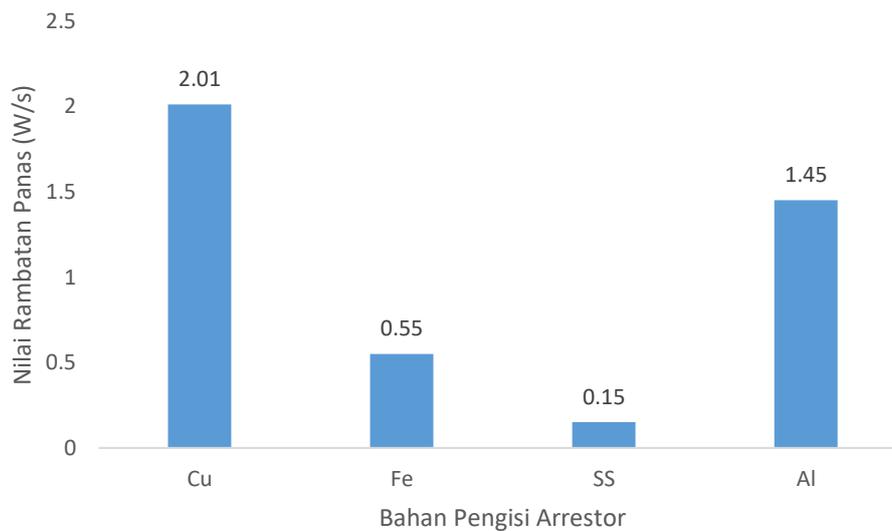
No.	Bahan Baku	Waktu (detik)	Temperatur (°C)		
			T ₁	T ₂	T ₃

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		120	28,6	28,9	28,9
		240	28,9	28,9	28,9
1.	Tembaga	360	28,9	28,9	28,9
		480	31,4	31,4	31,4
		600	31,6	31,9	31,5
		612	38,4	36,5	34,5
		120	29,0	29,0	29,0
2.	Besi	240	31,5	31,2	31,1
		360	31,1	31,1	31,1
		452	36,7	34,3	31,1
<hr/>					
		120	27,5	27,5	27,8
		240	27,5	27,8	27,8
3.	<i>Stainless stell</i>	360	27,9	27,9	27,9
		480	28,2	28,3	28,3
		600	28,8	28,8	28,6
		702	36,2	32,0	28,6
<hr/>					
		120	28,7	28,9	28,5
		240	30,2	30,2	29,4
4.	Aluminium	360	30,2	30,2	30,2
		480	31,0	29,8	29,8
		600	31,3	31,3	31,0
		676	39,2	37,1	33,7
<hr/>					
		120	27,4	27,4	27,4
		240	27,4	27,4	27,4
5.	Tembaga :	360	27,4	27,4	27,4
	Stainless stell :	480	27,4	27,8	27,8
	Aluminium	600	28,1	28,1	28,1
	(50:25:25)	720	28,3	28,3	28,3
		840	41,6	39,3	32,1
<hr/>					
		120	29,4	29,2	29,1
		240	29,4	29,4	29,4
6.	Tembaga :	360	29,5	29,4	29,4
	Stainless stell :	480	29,5	29,5	29,5
	Aluminium	600	29,5	29,5	29,8
	(50:30:20)	720	29,8	29,8	29,8
		840	30,2	30,2	30,2
		891	39,8	37,1	33,8
<hr/>					
		120	29,4	29,4	29,3
		240	29,5	29,4	29,3
7.	Besi : Stainless	360	29,6	29,4	29,4
	stell :	480	30,8	30,4	30,4
	Aluminium	600	30,8	30,8	30,8
	(50:25:25)	701	37,9	33,2	31,0
<hr/>					
		120	27,9	27,9	27,8
		240	28,1	28,1	28,1
8.	Besi : Stainless	360	28,1	28,2	28,2
	stell :	480	28,1	28,2	28,2
	Aluminium	600	28,1	28,4	28,6
	(50:30:20)%	720	28,1	28,6	28,6
		840	28,6	28,6	28,6
		921	40,7	34,5	32,6

Tabel 3 Nilai rambatan panas bahan pengisi arrestor pada saat terjadi *flashback fire*

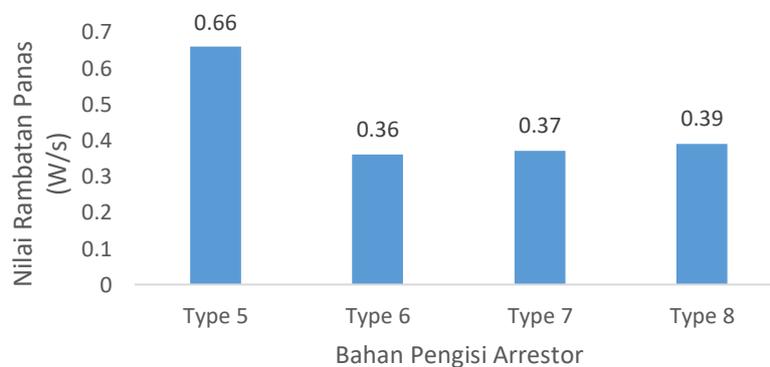
No.	Nama Bahan	Q (W/s)
1.	Tembaga	2,01
2.	Besi	0,55
3.	<i>Stainless Steel</i>	0,15
4.	Aluminium	1,45
5.	Tembaga : <i>Stainless stell</i> : Aluminium (50:25:25)	0,66
6.	Tembaga : <i>Stainless stell</i> : Aluminium (50:30:20)	0,36
7.	Besi : <i>Stainless stell</i> : Aluminium (50:25:25)	0,37
8.	Besi : <i>Stainless stell</i> : Aluminium (50:30:20)	0,39

Nilai rambatan panas bahan pengisi arrestor pada saat terjadi *flashback fire*



Gambar 2 Grafik nilai rambatan panas terhadap bahan pengisi arrestor pada saat terjadi *flashback fire*

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa rambatan panas yang paling tinggi adalah pada bahan pengisi Cu, yaitu tembaga. Hal ini dipengaruhi oleh nilai konstanta konduktivitas tembaga yang besar, yaitu 385 W/m°C. Nilai rambatan panas menunjukkan kecepatan suatu benda untuk menghantarkan panas, semakin besar nilai perambatan panas, maka semakin cepat panas akan mengalir pada benda tersebut. Sedangkan nilai rambatan panas yang paling kecil adalah pada bahan pengisi arrestor *stainless steel*, yaitu sebesar 0,15 W/s. Hal ini dipengaruhi oleh nilai konstanta konduktivitasnya yang kecil, yaitu 15 W/m°C



Gambar 3 Grafik nilai rambatan panas terhadap variasi type bahan pengisi arrestor pada saat terjadi *flashback fire*

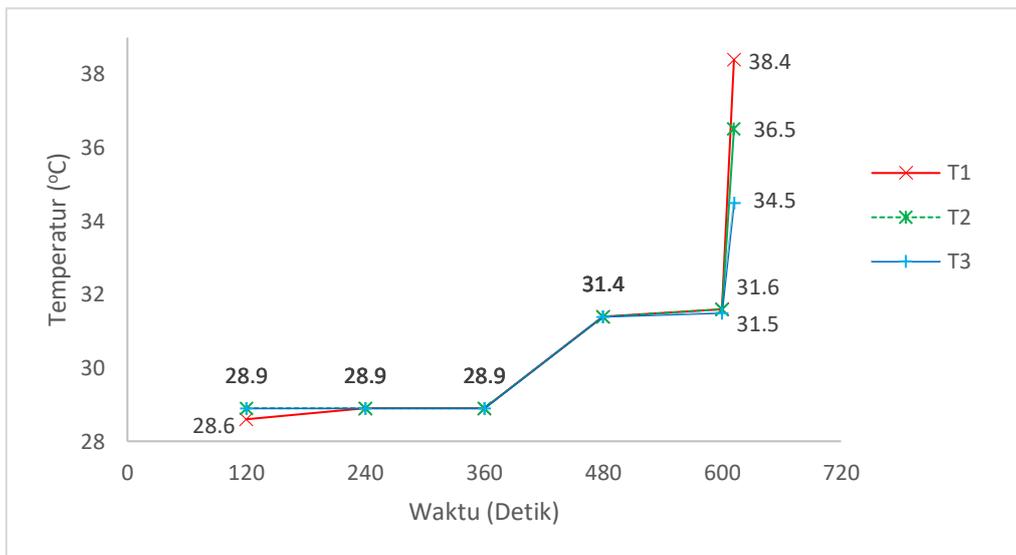
Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa rambatan panas yang paling tinggi pada saat terjadinya *flashback fire* adalah pada variasi bahan pengisi tipe 5, yaitu campuran Tembaga : *Stainless steel* : Aluminium (50:25:25), yaitu sebesar 0,66 W/s. Nilai rambatan panas menunjukkan kecepatan suatu benda untuk menghantarkan panas, semakin besar

nilai perambatan panas, maka semakin cepat panas akan mengalir pada benda tersebut. Sedangkan nilai rambatan panas yang paling kecil adalah pada bahan pengisi arrestor tipe 6, yaitu campuran Tembaga: *Stainless steel*: Aluminium (50:30:20) dengan nilai rambatan panas sebesar 0,36 W/s.

Pengaruh Bahan Pengisi Arrestor terhadap Waktu Nyala Api dan Kenaikan Temperatur

Berdasarkan data yang telah didapatkan berupa waktu dan kenaikan temperatur *arrestor* yang menyatakan pengaruh bahan baku pembuatan *arrestor* terhadap terjadinya *flashback fire* maka dibuat grafik hubungan antara tembaga, besi, *stainless Steel*, dan aluminium sebagai bahan baku pengisi *arrestor* terhadap waktu dan kenaikan temperatur pada *arrestor* dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Dengan T₁ adalah temperatur pada keluaran akhir gas hidrogen menuju *nozzle*, T₂ adalah temperatur pada bagian tengah *arrestor*, dan T₃ adalah temperatur pada saat pertama kali gas memasuki *arrestor*.

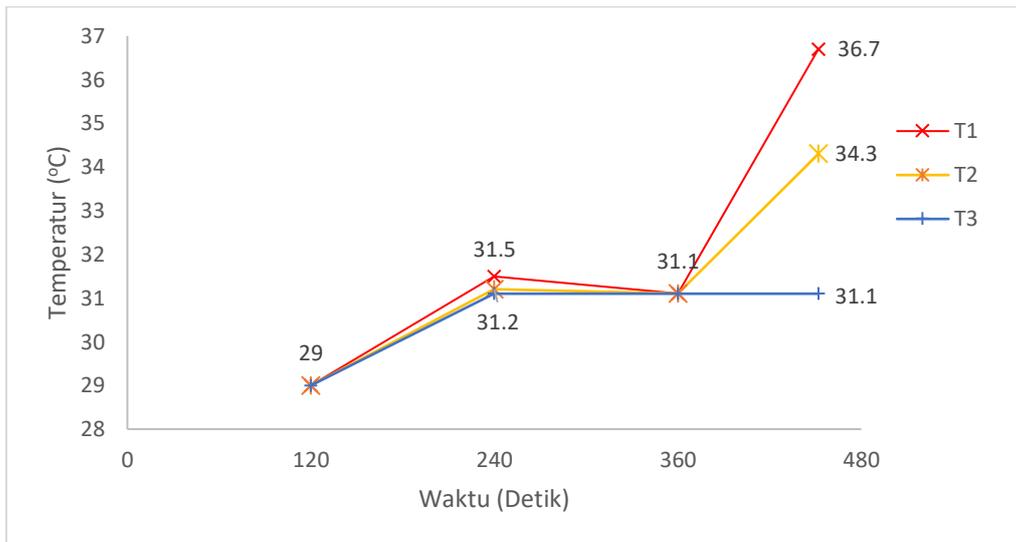
Pengaruh tembaga sebagai bahan baku pengisi *arrestor* terhadap waktu nyala api dan kenaikan temperatur pada *Arrestor*



Gambar 4 Grafik hubungan antara Pengaruh Tembaga sebagai bahan baku pengisi Arrestor terhadap waktu nyala dan kenaikan temperatur arrestor.

Gambar 4 menunjukkan bahwa kenaikan temperatur pada *arrestor* menandakan bahwa telah terjadinya *flashback fire*. Pada saat detik ke-120 temperatur pada T₁ masih rendah yaitu sebesar 28,6 °C dikarenakan kenaikan temperatur yang terjadi adalah panas yang berasal dari tabung elektrolizer atau panas yang terjadi akibat proses elektrolisis, sehingga panas merambat dari T₃ dan selanjutnya baru ke T₂ dan T₁. Kemudian kenaikan temperatur cenderung sama selama proses percobaan dari ketiga sensor dan kenaikan yang paling tinggi terjadi pada detik ke 612. Pada saat inilah terjadi *flashback fire*. Perambatan panas yang terjadi pada saat terjadi *flashback fire* cukup cepat. Dapat dilihat pada gambar bahwa pada saat terjadinya *flashback fire*, temperatur mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Nilai rambatan panas pada bahan pengisi ini cukup besar, yaitu 2,01 W/s. Rambatan panas yang cukup besar ini dapat dipengaruhi oleh nilai konduktivitas bahan aluminium yang tinggi, yaitu sebesar 385 W/m°C. Sehingga kenaikan temperatur yang terjadi sangat cepat. Jenis bahan baku pengisi *arrestor* berupa tembaga dapat mencegah terjadinya *flashback fire* dan waktu maksimal untuk menggunakan bahan baku ini adalah 612 detik atau 10 menit 12 detik. Hal ini menandakan bahwa tembaga telah mencegah terjadinya proses oksidasi, karena tembaga merupakan senyawa yang biasa dimanfaatkan sebagai media untuk menambah ketahanan terhadap terjadinya oksidasi (Mubarok, dkk, 2017) sehingga suplay oksigen terhenti dan tidak menyebabkan terjadinya *flashback fire*.

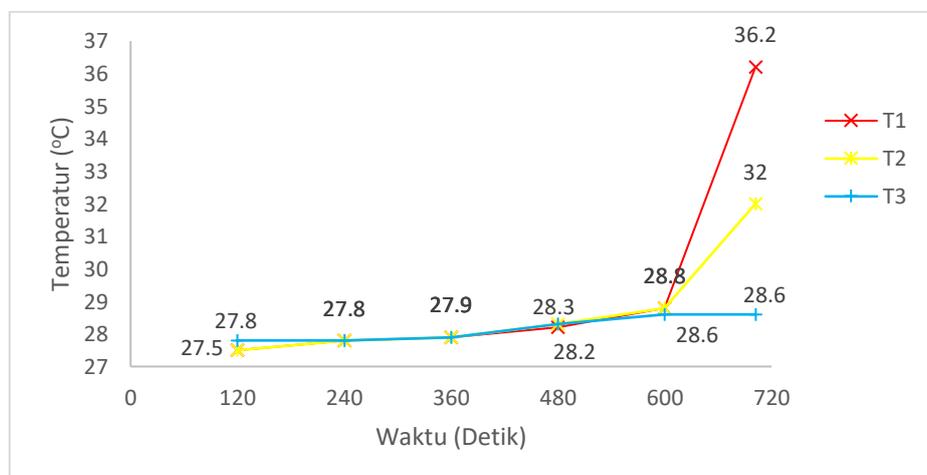
Pengaruh besi sebagai bahan baku pengisi arrester terhadap waktu nyala api dan kenaikan temperatur pada Arrester



Gambar 5 Grafik hubungan antara Pengaruh Besi sebagai bahan baku pengisi Arrester terhadap waktu nyala dan kenaikan temperatur arrester.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kenaikan temperatur pada *arrester* menandakan bahwa telah terjadinya *flashback fire*. Pada awal percobaan temperatur pada arrester cenderung sama, namun pada detik ke 240 terjadi perbedaan temperatur pada T₁, yaitu 31,5 °C sedangkan temperatur pada T₂ dan T₃ lebih rendah, yaitu sebesar 31,2 dan 31,1 °C. Perbedaan temperatur ini diakibatkan karena kenaikan temperatur yang terjadi akibat terjadinya *flashback*, yang kemudian ditahan oleh arrester. Kemudian kenaikan temperatur yang paling tinggi terjadi pada detik ke-524, dan disinilah *flashback* terjadi. Besi mampu meredam panas dan menghentikan proses oksidasi. Perambatan panas yang terjadi pada saat terjadinya *flashback* juga tidak terlalu tinggi, hal ini dapat dilihat pada grafik pada saat terjadi *flashback fire* temperatur pada T₃ tidak mengalami kenaikan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh nilai rambatan panas pada bahan pengisi ini yang kecil, yaitu 0,55 W/s. Rambatan panas yang kecil ini dapat dipengaruhi karena nilai konduktivitas besi yang kecil, yaitu sebesar 73 W/m°C, sehingga perambatan panas yang terjadi pada saat terjadi *flashback* tidak mempengaruhi temperatur pada bagian ujung arrester atau pada T₃. Jenis bahan baku pengisi *arrester* berupa besi dapat mencegah terjadinya *flashback fire* dan waktu maksimal untuk menggunakan bahan baku ini adalah 452 detik atau 7 menit 32 detik.

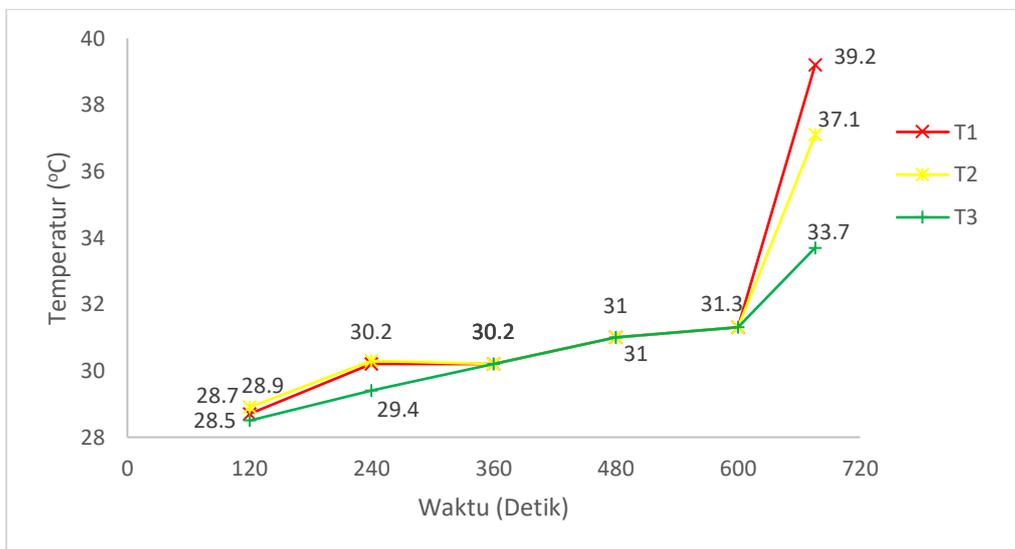
Pengaruh *stainless steel* sebagai bahan baku pengisi arrester terhadap waktu nyala api dan kenaikan temperatur pada Arrester



Gambar 6 Grafik hubungan antara Pengaruh *Stainless steel* sebagai bahan baku pengisi Arrester terhadap waktu nyala dan kenaikan temperatur arrester.

Gambar 6 menunjukkan bahwa *stainless steel* dapat digunakan sebagai bahan pengisi arrestor untuk menahan terjadinya *flashback fire* gas. Pada awal percobaan temperatur pada cenderung stabil, namun pada detik ke-480 terjadi perbedaan temperatur yaitu pada T₁. Temperatur pada T₁ lebih rendah dari pada kedua sensor pada arrestor diakibatkan oleh panas yang berasal dari tabung elektrolizer. Pada saat terjadi *flashback fire*, yaitu pada detik ke 702, tidak terjadi kenaikan temperatur yang signifikan pada T₂ dan T₃. Hal ini dapat dipengaruhi oleh nilai rambatan panas pada bahan pengisi ini yang kecil, yaitu 0,55 W/s. Rambatan panas yang kecil ini dapat dipengaruhi karena nilai konduktivitas *stainless steel* yang kecil, yaitu sebesar 15 W/m°C, Sehingga rambatan panas saat terjadi *flashback fire* tidak terlalu besar. *Stainless steel* berfungsi sebagai media peredam panas yang baik akibat terjadinya *flashback fire* yang di buktikan dengan pada saat terjadinya *flashback fire* kenaikan temperatur pada T₂ yang tidak terlalu tinggi dan pada T₃ tidak terjadi kenaikan temperatur. *Stainless steel* biasa diaplikasikan pada sektor *onshore* dan *offshore* industri minyak dan gas sebagai sistem pemipaan (*process piping, seawater piping, tube & pipe fittings, instrumentation & hydraulic tubing*), *heat exchanger* dan *reaction vessel* karena sifatnya yang tahan korosi dan memiliki kekuatan terhadap menahan dan meredam suhu yang tinggi (Siddiqi, dkk 2017). Jenis bahan baku pengisi *arrestor* berupa *Stainless steel* dapat mencegah terjadinya *flashback fire* dan waktu maksimal untuk menggunakan bahan baku ini adalah 702 detik atau 11 menit 42 detik.

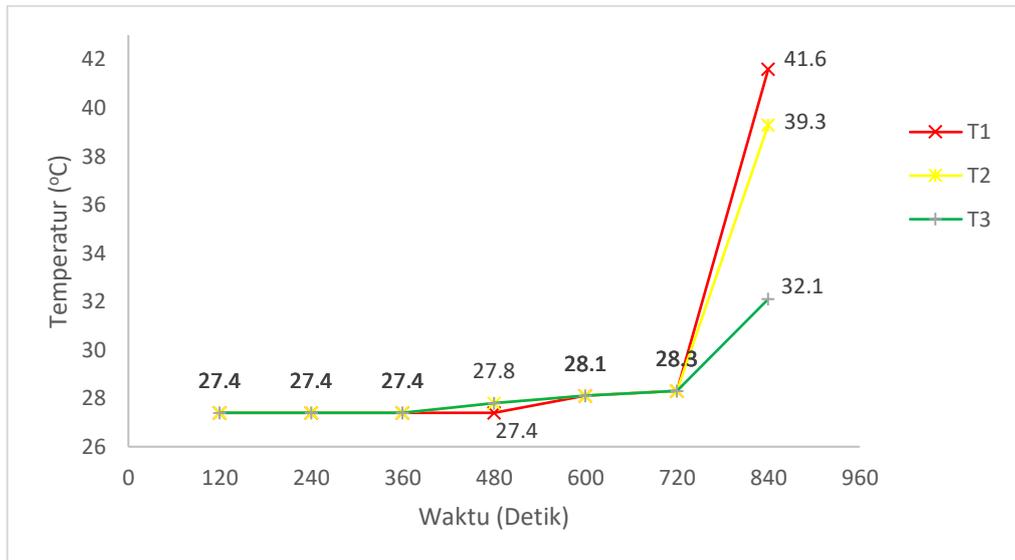
Pengaruh aluminium sebagai bahan baku pengisi arrestor terhadap waktu nyala api dan kenaikan temperatur pada Arrestor



Gambar 7 Grafik hubungan antara Pengaruh Aluminium sebagai bahan baku pengisi Arrestor terhadap waktu nyala dan kenaikan temperatur arrestor.

Gambar 7 menunjukkan bahwa kenaikan temperatur pada *arrestor* menandakan bahwa telah terjadinya *flashback fire*, dan aluminium yang digunakan sebagai bahan pengisi arrestor mampu menahan terjadinya *flashback fire* yang diakibatkan oleh gas hidrogen. Pada detik ke-120 temperatur pada arrestor menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Pada detik ke-240 temperatur pada T₃ menunjukkan nilai yang paling rendah dibandingkan yang lain yaitu 29,4 °C, dikarenakan telah terjadi *flashback fire* namun dapat di tahan oleh arrestor. Kenaikan temperatur paling tinggi pada saat terjadinya *flashback fire* yang paling tinggi adalah pada detik ke-612. Dapat dilihat pada gambar, temperatur T₁ pada saat *flashback* terjadi adalah 39,2 °C, lalu merambat menuju menjadi sebesar 37,1 °C, dan pada T₃ menjadi 33,7 °C. Nilai rambatan panas pada bahan pengisi ini cukup besar, yaitu 1,45 W/s. Rambatan panas yang cukup besar ini dapat dipengaruhi oleh nilai konduktivitas bahan aluminium yang cukup besar, yaitu 202 W/m°C. sehingga menyebabkan panas yang merambat pada bahan cukup cepat. Jenis bahan baku pengisi *arrestor* berupa aluminium dapat mencegah terjadinya *flashback fire* dan waktu maksimal untuk menggunakan bahan baku ini adalah 612 detik atau 10 menit 12 detik. Aluminium sendiri berfungsi sebagai media penghalang untuk menyebabkan terjadinya gas yang tidak diinginkan (oksigen dan hidrogen) aluminium adalah senyawa yang dapat memobilisasi atau membatasi pergerakan oksigen (Jerguens, dkk 2002) dan dengan bantuan aluminium inilah yang dapat membantu mencegah terjadinya proses pencampuran gas yang tidak diinginkan (Hidrogen dan oksigen).

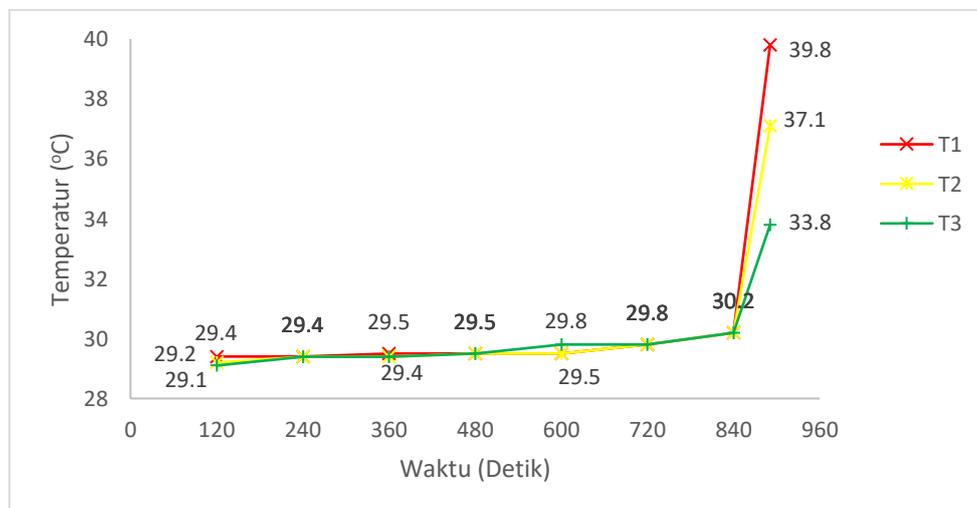
Pengaruh Tembaga: Stainless Steel: Aluminium (50:25:25)% sebagai bahan baku pengisi arrestor terhadap waktu nyala api dan kenaikan temperatur pada Arrestor



Gambar 8 Grafik hubungan antara Pengaruh Tembaga: Stainless Steel: Aluminium (50:25:25)% sebagai bahan baku pengisi Arrestor terhadap waktu nyala dan kenaikan temperatur arrestor.

Gambar 8 menunjukkan bahwa campuran antara tembaga, *stainless Steel*, dan aluminium dengan perbandingan (50:25:25)% dapat digunakan sebagai bahan pengisi arrestor untuk menahan terjadinya *flashback fire* gas hydrogen dan mampu bertahan selama 840 detik. Kenaikan temperatur akibat adanya *flashback fire* cukup tinggi. Dapat dilihat pada gambar, pada saat terjadinya *flashback fire* temperatur pada T₁ sangat tinggi yaitu sebesar 41,6 °C, kemudian merambat menuju T₂ juga tergolong tinggi, yaitu sebesar 39,3 °C. Hal ini diakibatkan karena bahan yang berada diantara T₁ dan T₂ adalah tembaga, yang memiliki nilai konstanta konduktivitas yang besar, yaitu 385 W/m°C, sehingga mengakibatkan kenaikan temperatur yang cukup tinggi dalam waktu yang singkat. Nilai konduktivitas termal zat (k) adalah ukuran kemampuan zat menghantarkan kalor. Makin besar nilai k suatu benda, maka makin cepat perpindahan kalor terjadi pada benda tersebut. Jenis bahan baku pengisi *arrestor* berupa campuran antara tembaga, *stainless Steel*, dan aluminium dengan perbandingan (50:25:25)% memiliki nilai rambatan 0,66 W/s dan dapat mencegah terjadinya *flashback fire* dan waktu maksimal untuk menggunakan bahan baku ini adalah 840 detik atau 14 menit.

Pengaruh Tembaga: Stainless Steel: Aluminium (50:30:20)% sebagai bahan baku pengisi arrestor terhadap waktu nyala api dan kenaikan temperatur pada Arrestor

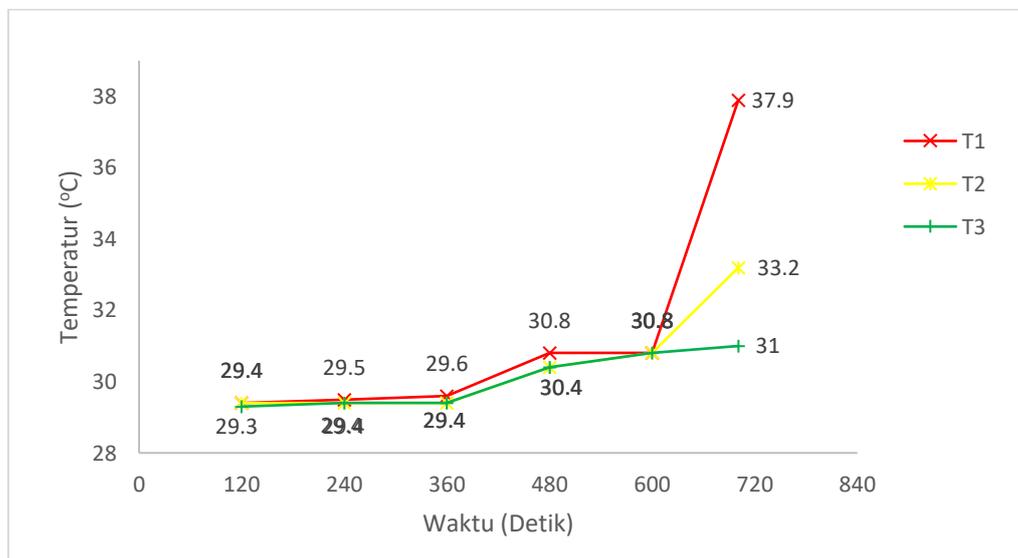


Gambar 9 Grafik hubungan antara Pengaruh Tembaga : Stainless stell : Aluminium (50:30:20)% sebagai bahan baku pengisi Arrestor terhadap waktu nyala dan kenaikan temperatur arrestor.

Gambar 9 menunjukkan bahwa campuran antara tembaga, *stainless Steel*, dan aluminum dengan perbandingan (50:30:20)% yang digunakan sebagai bahan pengisi arrestor mampu menahan terjadinya *flashback fire* yang diakibatkan oleh gas hidrogen dan bertahan selama 891 detik. Temperatur pada T_1 dan T_2 saat terjadi *flashback fire* cukup tinggi, yaitu sebesar 39,8 °C dan 37,1 °C, sedangkan temperatur pada T_3 sebesar 33,8 °C. Dibandingkan dengan percobaan sebelumnya, yaitu pada campuran antara tembaga, *stainless Steel*, dan aluminum dengan perbandingan (50:25:25)%, nyala api pada nozzle dapat bertahan lebih lama, yang artinya dapat menahan *flashback fire* lebih lama dari pada percobaan sebelumnya. Hal ini dapat diakibatkan karena penggunaan *stainless steel* yang lebih banyak, dimana *stainless steel* berfungsi sebagai media peredam panas yang baik sehingga dapat menahan *flashback fire* yang lebih lama. Jenis bahan baku pengisi *arrestor* berupa campuran antara tembaga, *stainless Steel*, dan aluminum dengan perbandingan (50:30:20)% dapat mencegah terjadinya *flashback fire* dan waktu maksimal untuk menggunakan bahan baku ini adalah 891 detik atau 14 menit 51 detik.

Campuran tembaga, *stainless Steel*, dan aluminum dapat dijadikan sebagai jenis bahan baku pengisi *arrestor* dikarenakan ketiganya telah memiliki peran tersendiri antara lain mengurangi terjadinya proses okidasi, meredam panas, dan untuk mencegah terjadinya pencampuran gas yang tidak diinginkan. Hal inilah yang menyatakan bahwa ketiga jenis bahan baku ini lebih baik dibuat menjadi satu *arrestor* dibandingkan dengan dibuat secara terpisah.

Pengaruh Besi: *Stainless Steel*: Aluminium (50:25:25)% sebagai bahan baku pengisi arrestor terhadap waktu nyala api dan kenaikan temperatur pada Arrestor

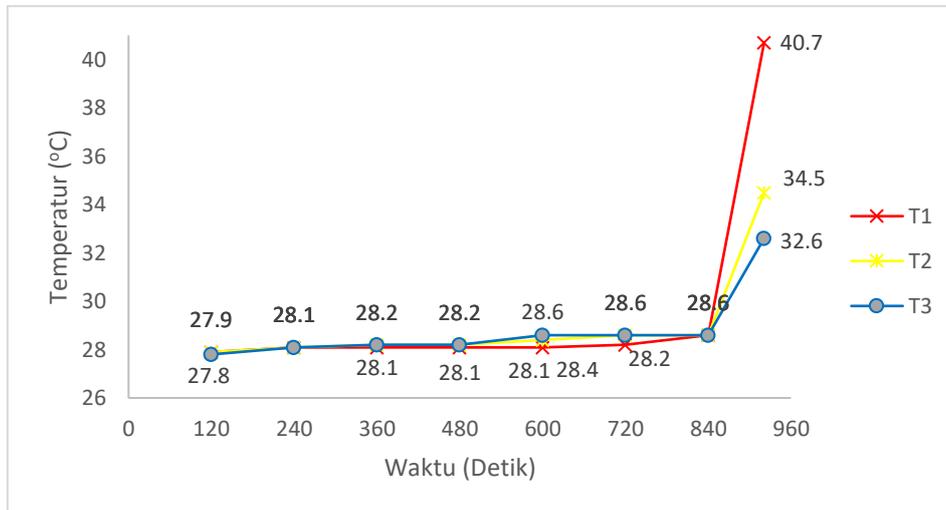


Gambar 10 Grafik hubungan antara Pengaruh Besi : *Stainless steel* : Aluminium (50:25:25) sebagai bahan baku pengisi Arrestor terhadap waktu nyala dan kenaikan temperatur arrestor

Gambar 10 menunjukkan bahwa bahwa campuran antara besi, *stainless Steel*, dan aluminum dengan perbandingan (50:25:25)% dapat di gunakan sebagai bahan pengisi arrestor dan mampu menahan *flashback fire* gas hidrogen selama 701 detik. Pada gambar dapat dilihat terjadi perbedaan temperatur yang cukup jauh antara T_1 dan T_2 saat terjadi *flashback fire*, yaitu sebesar 4,7 °C. Hal ini diakibatkan karena nilai rambatan panas yang kecil pada campuran bahan pengisi ini, yaitu 0,37 W/s, serta bahan yang berada diantara T_1 dan T_2 adalah besi, dimana besi memiliki peran mengurangi terjadinya proses oksidasi dan memiliki nilai konstanta konduktivitas yang kecil, yaitu 73 W/m°C, sehingga mengakibatkan kenaikan temperatur yang tidak terlalu tinggi pada saat terjadi *flashback fire* karena kemampuan zat menghantarkan kalor yang kecil. Sedangkan temperatur pada T_3 hanya mengalami kenaikan temperatur yang sangat kecil. Hal ini diakibatkan karena diantara T_2 dan T_3 diisi oleh bahan *satainless Steel* dan aluminium. *stainless steel* berfungsi sebagai media peredam panas yang merambat dari besi akibat terjadinya *flashback fire* yang dibuktikan pada kenaikan temperatur aluminium yang tidak terlalu tinggi. Jenis bahan baku pengisi *arrestor* berupa campuran antara besi, *stainless Steel*, dan aluminum dengan perbandingan (50:25:25)% dapat mencegah terjadinya *flashback fire* dan waktu maksimal untuk menggunakan bahan baku ini adalah 701 detik atau 11 menit 41 detik. Lama waktu yang didapat pada campuran bahan pengisi arrestor kali ini lebih rendah dibandingkan ketiga campuran yang lain. Hal ini dapat disebabkan karena beberapa hal, seperti kurangnya ketelitian pada saat menimbang bahan sebelum dimasukkan kedalam *prototype arrestor*. Sehingga menyebabkan isian pada arrestor kurang padat, terlalu banyak ruang kosong dan menimbulkan tahanan kontak. Pada bagian batas antara dua benda padat bersentuhan, terjadi tahanan kontak termal yang menyebabkan penurunan suhu secara tiba-tiba. Tahanan kontak termal muncul akibat adanya ketidak sempurnaan pada bidang

pertemuan kedua benda, sehingga kekosongan yang ada diisi oleh fluida (gas/udara) yang akan memberikan tahanan baru terhadap perpindahan panas konduksi pada sistem tersebut

Pengaruh Besi: *Stainless Steel*: Aluminium (50:30:20)% sebagai bahan baku pengisi arrester terhadap waktu nyala api dan kenaikan temperatur pada Arrester



Gambar 11 Grafik hubungan antara Pengaruh Besi : *Stainless steel* : Aluminium (50:30:20)% sebagai bahan baku pengisi Arrester terhadap waktu nyala dan kenaikan temperatur arrester

Gambar 11 menunjukkan bahwa campuran antara besi, *stainless Steel*, dan aluminium dengan perbandingan (50:30:20)% yang digunakan sebagai bahan pengisi arrester mampu menahan terjadinya *flashback fire* yang diakibatkan oleh gas hidrogen dan bertahan selama 921 detik. Temperatur pada T₁ sebelum terjadi *flashback fire* rendah lebih rendah dari pada temperatur yang lain dikarenakan kenaikan temperatur yang terjadi adalah panas yang berasal dari tabung elektrolizer atau panas yang terjadi akibat proses elektrolisis, sehingga panas merambat dari T₃ dan selanjutnya baru ke T₂ dan T₁. Nilai rambatan panas pada bahan campuran ini adalah sebesar 0,39 W/s. Jenis bahan baku pengisi *arrester* berupa campuran antara besi, *stainless Steel*, dan aluminium dengan perbandingan (50:25:25)% dapat mencegah terjadinya *flashback fire* dan waktu maksimal untuk menggunakan bahan baku ini adalah 921 detik atau 15 menit 21 detik.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui BIMA.

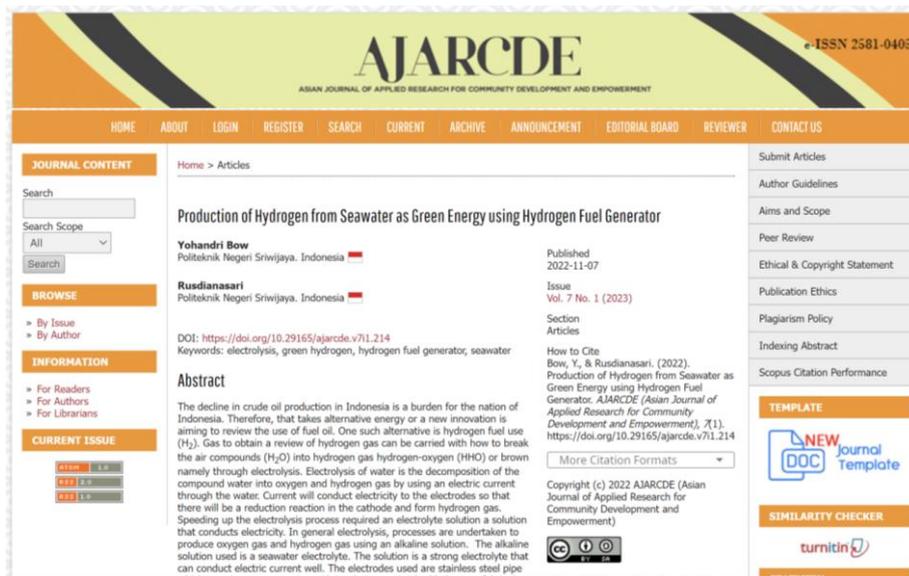
STATUS LUARAN WAJIB: Luaran wajib berupa 1 paten sederhana

Capaian terhadap luaran wajib yaitu **dokumen paten telah terdaftar** dengan judul: **Arrester penghambat rambatan panas dari kilas balik nyala api**, dengan No. Permohonan: **S00202110561**.



Gambar 5. Progres Pengusulan Paten Sederhana (Bukti PERSYARATAN FORMALITAS telah Terpenuhi)

STATUS LUARAN TAMBAHAN: 1 artikel pada *Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*. Vol 6 (2022), No.3, dengan judul: *Production of Hydrogen from Seawater as Green Energy using Hydrogen Fuel Generator*



Gambar 6. Tampilan Artikel di Jurnal AJARCADE

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui BIMA.

Realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra dan peneliti

1. Pihak mitra (perusahaan) telah menyiapkan tempat sarana yang dapat dipergunakan dalam menerapkan hasil penelitian dari peneliti dalam membantu dan mengatasi permasalahan yang ada dalam operasional pengolahan air.
2. Pihak mitra (perusahaan) membantu fasilitas kebutuhan dalam pelaksanaan peneliti terkait instalasi yang ada pada mitra untuk kebutuhan peneliti seperti penyediaan pemanisasi dan lainnya selama melakukan penelitian di tempat mitra dalam bentuk kebutuhan fisik atau *in-kind*.

3. Pihak peneliti melakukan pelaksanaan hasil yang diterapkan pada bagian proses pengolahan air pada tahap pertama dengan mengaplikasikan pada bak penampungan pertama dengan menggunakan produksi Hidrogen dan Oksigen yang dihasilkan dari prototipe yang dibuat.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala dalam penelitian ini adalah: belum adanya wadah penyimpanan yang khusus untuk gas hidrogen sehingga sering mengalami kebocoran. Upaya yang dilakukan untuk mencapai luaran adalah menampung produk gas dengan mengurangi jumlah volume produk dalam wadah penyimpanan.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

.....
.....
.....
.....
.....

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1.
2.
3. dst.