

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS KOMPOSIT SILIKA–KITOSAN BERBASIS
ABU AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION Fe PADA
LIMBAH CAIR *PRINTED CIRCUIT BOARD* (PCB)**



**Diusulkan sebagai persyaratan kegiatan
Skripsi Pendidikan Sarjana Terapan (D-IV)
Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri**

OLEH:

MAGDALENA FRANSISKA

062240422536

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**EFEKTIVITAS KOMPOSIT SILIKA-KITOSAN BERBASIS ABU AMPAS
TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION Fe PADA LIMBAH CAIR *PRINTED*
CIRCUIT BOARD (PCB)**

OLEH:

Magdalena Fransiska

0622 4042 2536

Palembang, Juli 2026

Menyetujui,

Pembimbing I,


Anerasari Meidinariastv, B.Eng., M.Si
NUPTK 0863744645230052

Pembimbing II,


Erika Dwi Oktaviani, S.T., M.Eng
NUPTK 7335772673230253

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Kimia**


Tahdid, S.T., M.T.
NIP 197201131997021001

**Koordinator Program Studi
DIV Teknologi Kimia Industri**


Dr. Yuniar, S.T., M.Si
NIP 197306211999032001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar - Palembang 30139
Telp. 0711-353414, Laman: <https://polsri.ac.id>, Pos El: kimia@polsri.ac.id

Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji
di Program Diploma IV – Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada Tanggal 30 Juni 2026

Tim Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. Leila Kalsium, M.T.
NPUTK. 6534745646130122
2. Ir. Mustain, M.Si.
NUPTK. 5950739640130062
3. Didiek Hari Nugroho, ST., M.T.
NUPTK. 5362758659130123
4. Ismauly Maranggi, S.Tr.T., M.Eng.
NUPTK. 58547776678230102

Tanda Tangan

()

()

()

()

Palembang, Juli 2026
Mengetahui,
Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Kimia Industri



Dr. Ir. Yuniar, S.T., M.Si
NIP. 197306211999032001



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Bersukacitalah dalam pengharapan, sabarlah dalam kesesakan, dan bertekunlah dalam doa!”

(Roma 12:12)

“Dan ketekunan menimbulkan tahan uji dan tahan uji menimbulkan pengharapan. Dan pengharapan tidak mengecewakan, karena kasih Allah telah dicurahkan di dalam hati kita oleh Roh Kudus yang telah dikaruniakan kepada kita”

(Roma 5:4-5)

“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu,’ demikianlah firman TUHAN, ‘yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan.”

(Yeremia 29:11)

“Itulah sebabnya kita berjerih payah dan berjuang, karena kita menaruh pengharapan kita kepada Allah yang hidup, Juru Selamat semua manusia, terutama mereka yang percaya.”

(1 Timotius 4:10)

“Maka sekarang, sebentar lagi aku akan menempuh jalan segala yang fana. Sebab itu insaflah dengan segenap hatimu dan segenap jiwamu, bahwa satu pun dari segala yang baik yang telah dijanjikan kepadamu oleh Tuhan, Allahmu, tidak ada yang tidak dipenuhi. Semuanya telah digenapi bagimu. Tidak ada satu pun yang tidak dipenuhi.”

(Yosua 23:14)

“Kita tidak bisa hanya memiliki hal-hal baik dalam hidup kita, tetapi aku berharap kau memiliki lebih banyak hal baik daripada hal buruk”

(RM BTS)

PERSEMBAHAN

“Dengan penuh rasa syukur, skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, kakak dan abang saya yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan tanpa henti demi masa depan saya.”

ABSTRAK

EFEKTIVITAS KOMPOSIT SILIKA–KITOSAN BERBASIS ABU AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION FE PADA LIMBAH CAIR *PRINTED CIRCUIT BOARD* (PCB)

(Magdalena Fransiska, 2026, 78 Halaman, 7 Tabel, 16 Gambar, 4 Lampiran)

Limbah cair *Printed Circuit Board* (PCB) mengandung ion logam berat Fe yang berpotensi mencemari lingkungan sehingga diperlukan metode pengolahan yang efektif. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah adsorpsi menggunakan komposit silika–kitosan berbasis abu ampas tebu. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik gugus fungsi dan morfologi komposit silika–kitosan, menganalisis pengaruh variasi massa adsorben dan lama waktu kontak terhadap efisiensi serta kapasitas adsorpsi ion Fe pada limbah cair PCB, serta menentukan model isoterm adsorpsi yang paling sesuai pada proses adsorpsi menggunakan komposit silika–kitosan. Silika hasil sintesis dari abu ampas tebu dimodifikasi dengan kitosan untuk meningkatkan situs aktif adsorben. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan keberadaan gugus –OH ($3384,4\text{ cm}^{-1}$), –NH₂ (1640 cm^{-1}), serta Si–O–Si dan Si–O ($1051,1$; $790,2$; dan $708,2\text{ cm}^{-1}$) yang menunjukkan terbentuknya komposit silika–kitosan. Hasil analisis SEM menunjukkan perubahan morfologi permukaan menjadi lebih kasar dan granular setelah modifikasi, yang menunjukkan distribusi kitosan pada permukaan silika. Pengujian adsorpsi dilakukan dengan variasi massa adsorben 0,1; 0,2; dan 0,3 g serta waktu kontak 40–120 menit menggunakan analisis AAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan massa adsorben menyebabkan kapasitas adsorpsi menurun akibat ketidakseimbangan jumlah situs aktif dan ion Fe dalam larutan. Kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh pada massa 0,1 g dengan waktu kontak 120 menit sebesar 16,2 mg/g, sedangkan efisiensi tertinggi sebesar 82,5% diperoleh pada massa 0,2 g dengan waktu kontak 60 menit. Analisis isoterm menunjukkan model *Langmuir* memiliki nilai R^2 lebih tinggi (0,9924–0,9995) dibandingkan *Freundlich* (0,9855–0,9990), sehingga adsorpsi ion Fe lebih sesuai mengikuti model *Langmuir* dengan mekanisme monolayer pada permukaan adsorben homogen. Komposit silika–kitosan berbasis abu ampas tebu berpotensi digunakan sebagai adsorben ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair PCB.

Kata Kunci : *silika-kitosan, abu ampas tebu, adsorpsi, Fe, Limbah Cair PCB*

ABSTRACT

EFEKTIVITAS KOMPOSIT SILIKA–KITOSAN BERBASIS ABU AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION FE PADA LIMBAH CAIR *PRINTED CIRCUIT BOARD* (PCB)

(Magdalena Fransiska, 2026, 78 Pages, 7 Tables, 16 Figures, 4 Appendix)

Printed Circuit Board (PCB) liquid waste contains heavy metal ions Fe which have the potential to pollute the environment, so an effective treatment method is needed. One method that can be used is adsorption using silica-chitosan composites based on bagasse ash. This study aims to identify the characteristics of functional groups and morphology of silica-chitosan composites, analyze the effect of variations in adsorbent mass and contact time on the efficiency and adsorption capacity of Fe ions in PCB liquid waste, and determine the most suitable adsorption isotherm model in the adsorption process using silica-chitosan composites. Silica synthesized from bagasse ash was modified with chitosan to increase the active sites of the adsorbent. FTIR characterization results showed the presence of –OH groups (3384.4 cm^{-1}), –NH₂ (1640 cm^{-1}), and Si–O–Si and Si–O (1051.1 ; 790.2 ; and 708.2 cm^{-1}) which indicated the formation of silica-chitosan composites. The results of SEM analysis showed changes in surface morphology to become rougher and granular after modification, which indicates the distribution of chitosan on the silica surface. Adsorption tests were carried out with variations in adsorbent mass of 0.1; 0.2; and 0.3 g and contact time of 40–120 minutes using AAS analysis. The results showed that increasing the adsorbent mass caused a decrease in the adsorption capacity due to an imbalance in the number of active sites and Fe ions in the solution. The highest adsorption capacity was obtained at a mass of 0.1 g with a contact time of 120 minutes at 16.2 mg/g, while the highest efficiency of 82.5% was obtained at a mass of 0.2 g with a contact time of 60 minutes. Isotherm analysis showed that the *Langmuir* model had a higher R² value (0.9924–0.9995) than the *Freundlich* model (0.9855–0.9990), so that the adsorption of Fe ions was more suitable to follow the *Langmuir* model with a monolayer mechanism on a homogeneous adsorbent surface. Silica–chitosan composites based on bagasse ash have the potential to be used as environmentally friendly adsorbents for PCB liquid waste treatment.

Keywords: *silica–chitosan, bagasse ash, adsorption, Fe, PCB Liquid Waste*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kasih, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Efektivitas Komposit Silika–Kitosan Berbasis Abu Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Fe pada Limbah Cair *Printed Circuit Board* (PCB)”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (D-IV) pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya.

Terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak luput dari bantuan, motivasi serta partisipasi dari semua pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Irawan Rusnadi, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Dr. Yusri, S.Pd., M.Pd. selaku Wakil Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Tahdid, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Isnandar Yunanto, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Dr. Yuniar, S.T., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Anerasari Meidinariasty, B.Eng., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan dalam penyusunan proposal ini.
7. Erika Dwi Oktaviani, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran selama proses penyusunan proposal.
8. Kedua orang tua tercinta, Bapak B. Simanjuntak dan Mamak Hanna Ignasia Gultom., dua orang yang berjasa dalam kehidupan penulis. Terima kasih atas cinta, motivasi, dukungan serta pengorbanan yang telah diberikan, baik secara materi maupun moral, dan doa yang tulus untuk kelancaran kuliah dan terutama pada saat pelaksanaan penelitian Tugas Akhir sampai dengan penyelesaian penulis laporan ini.

9. Kakak tercinta, Maria Rina Kristin Simanjuntak, yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis. Terima kasih telah menjadi sumber kekuatan serta motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan pendidikan ini. Semoga segala kebaikan, kerja keras dan cita-cita yang diharapkan dapat tercapai dengan baik.
10. Abang tercinta, Marselinus Swenson Simanjuntak yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis selama menempuh pendidikan. Terima kasih atas perhatian, motivasi, serta segala bantuan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
11. Sahabat tercinta semasa SMA, Salsabilla Azizah Alwanda dan Yeni Morista yang selalu ada untuk mendengarkan setiap keluh kesah penulis serta tidak pernah lelah memberikan semangat, dukungan, dan motivasi. Terima kasih karena selalu hadir di setiap proses perjuangan ini dan menjadi tempat berbagi suka maupun duka selama penulis menyelesaikan pendidikan ini.
12. Viona Azahara selaku teman seperjuangan penelitian Tugas Akhir yang telah membersamai dan membantu selama kegiatan penelitian
13. Semua pihak yang telah membantu penyusunan laporan akhir baik itu berupa saran, doa, maupun dukungan, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu
14. Terakhir, untuk diri saya sendiri Magdalena Fransiska, terima kasih karena sudah mampu bertahan dan terus berjuang hingga sampai di titik ini. Terima kasih telah kuat menghadapi segala lika-liku, proses, dan tantangan selama perjalanan pendidikan ini. Penulis sangat bangga atas segala usaha, doa, dan kerja keras yang telah dilalui. Terima kasih juga untuk setiap doa yang tidak pernah berhenti dipanjatkan demi masa depan yang lebih baik. Semoga ke depannya penulis dapat menjadi pribadi yang lebih sukses, mampu meraih segala cita-cita, dan yang paling utama dapat membahagiakan kedua orang tua tercinta.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki berbagai kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang

bersifat membangun demi penyempurnaan proposal penelitian ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang teknologi kimia serta dapat menjadi dasar pelaksanaan penelitian selanjutnya.

Palembang, Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	.xi
DAFTAR GAMBAR	.xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
4. Luaran Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ampas Tebu.....	6
2.2 Abu Ampas Tebu	7
2.3 Silika	8
2.4 Kitosan.....	9
2.5 Silika–Kitosan.....	10
2.6 Karakterisasi Komposit Silika–Kitosan	Error! Bookmark not defined.
2.6.1 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	11
2.6.1 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	13
2.6 Adsorben.....	14
2.7 Adsorpsi.....	15
2.7.1 Isoterm Adsorpsi.....	16
2.8 Logam Berat Fe.....	17
2.9 Limbah <i>Printed Circuit Board</i> (PCB).....	18
2.10 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat.....	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat yang digunakan	22
3.2.2 Bahan yang digunakan	22
3.3 Rancangan Penelitian	23
3.3.1 Variabel Tetap	23
3.3.2 Variabel Bebas	24
3.4 Prosedur Kerja	24
3.4.1 Prosedur Kalsinasi Ampas Tebu.....	24
3.4.2 Prosedur Preparasi dan Ekstraksi Silika dari Abu Ampas Tebu.....	24

3.4.3	Prosedur Presipitasi Silika.....	25
3.4.4	Prosedur Pembuatan Komposit Silika–Kitosan.....	25
3.4.5	Prosedur Pre-Treatment Limbah Cair PCB Sebelum Proses Adsorpsi	26
3.4.6	Prosedur Uji Aplikasi Adsorpsi Ion Fe terhadap Limbah Cair <i>Printed Circuit Board</i>	26
3.4.7	Prosedur Uji dan Analisa.....	27
3.5	Diagram Alir Prosedur Percobaan	29
3.5.1	Diagram Alir Proses Kalsinasi Ampas Tebu.....	26
3.5.2	Diagram Alir Proses Preparasi dan Ekstrasi Silika dari Abu Ampas Tebu.....	30
3.5.3	Diagram Alir Proses Presipitasi Silika.....	31
3.5.4	Diagram Alir Proses Pembuatan Komposit Silika–Kitosan.....	32
3.5.4	Diagram Alir Proses Pre-Treatment Limbah Cair PCB.....	33
3.5.6	Diagram Alir Prosedur Uji Aplikasi Adsorpsi Ion Logam Fe terhadap Limbah Cair <i>Printed Circuit Board</i> (PCB).....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Hasil.....	35
4.2	Pembahasan.....	36
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Kesimpulan.....	48
4.2	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN.....		52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Senyawa di dalam Abu Tebu.....	7
Tabel 2.2 Sifat-sifat Fisika Silika	8
Tabel 2.3 Sifat-sifat Kimia Silika.....	9
Tabel 2.4 <i>State of the art</i> Penelitian Terdahulu	21
Tabel 4.1 Hasil Adsorpsi Ion Fe Menggunakan Adsorben Silika-Kitosan.....	35
Tabel 4.2 Hasil Analisa dengan FTIR adsorben komposit Silika-Kitosan.....	36
Tabel 4.3 Hasil Isoterm <i>Langmuir</i> dan <i>Freundlich</i>	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ampas Tebu.....	6
Gambar 2.2 Abu Ampas Tebu	7
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Kalsinasi Ampas Tebu	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Preparasi dan Ekstraksi Silika dari Abu Ampas Tebu	30
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Presipitasi Silika	31
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Pembuatan Komposit Silika–Kitosan.....	32
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Pre-Treatment Limbah Cair PCB	33
Gambar 3.5 Diagram Alir Uji Aplikasi Adsorpsi ion logam Fe terhadap Limbah Cair <i>Printed Circuit Board</i> (PCB)	34
Gambar 4.1 Hasil Analisis FTIR pada Komposit Silika-Kitosan	37
Gambar 4.2 Morfologi permukaan silika perbesaran 5000x (a) Morfologi permukaan silika-kitosan perbesaran 5000x (b) Morfologi permukaan silika perbesaran 10000x (c) Morfologi permukaan silika-kitosan 10000x (d).....	38
Gambar 4.3 Pengaruh Massa adsorben dan Waktu Kontak terhadap Kapasitas adsorpsi	40
Gambar 4.4 Pengaruh Massa adsorben dan Waktu Kontak terhadap Efisiensi adsorpsi	42
Gambar 4.5 Isoterm <i>Langmuir</i> variasi massa adsorben 0,1 g.....	45
Gambar 4.6 Isoterm <i>Langmuir</i> variasi massa adsorben 0,2 g.....	45
Gambar 4.7 Isoterm <i>Langmuir</i> variasi massa adsorben 0,3 g	45
Gambar 4.8 Isoterm <i>Freundlich</i> variasi massa adsorben 0,1 g	46
Gambar 4.9 Isoterm <i>Freundlich</i> variasi massa adsorben 0,2 g	46
Gambar 4.10 Isoterm <i>Freundlich</i> variasi massa adsorben 0,3 g	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data Pengamatan	49
Lampiran B Perhitungan Sifat-sifat Fisika Silika	51
Lampiran C Dokumentasi	71
Lampiran D Surat-Menyurat	79