

**Prototipe Pengering Sel Surya Fotovoltaik
(Pengaruh Laju alir udara terhadap Efisiensi Termal
Pada Proses Pengeringan Kerupuk)**



**Disusun sebagai salah satu syarat
Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan (DIV)
Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi**

OLEH :

**MUHAMMAD EVIT KURNIAWAN
0615 4041 1894**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

**Prototipe Pengering Sel Surya Fotovoltaik
(Pengaruh Laju alir udara terhadap Efisiensi Termal
Pada Proses Pengeringan Kerupuk)**

OLEH :

**MUHAMMAD EVIT KURNIAWAN
0615 4041 1894**

Menyetujui
Pembimbing I,

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

Palembang, Juli 2019
Pembimbing II,

Ir. Sahrul Effendy, M.T.
NIDN 0023126309

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Adi Syakdani , S.T., M.T.
NIP 196904111992031001



**Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji
di Program Diploma IV – Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada Tanggal 24 Juli 2019**

Tim Penguji :

Tanda Tangan

- | | | |
|--|---|---|
| 1. Ir. Erlinawati, M.T.
NIDN. 0005076115 | (|) |
| 2. Tahdid, S.T., M.T.
NIDN. 0013027203 | (|) |
| 3. Agus Manggala, S.T., M.T.
NIDN. 0026088401 | (|) |

Palembang, Juli 2019

**Mengetahui,
Ketua Proogram Studi
Sarjana Terapan Teknik Energi**

**Ir. Arizal Aswan, M.T.
NIP 195804241993031001**

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

❖ *Lā yukallifullāhu nafsān illā wus'aha*

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”(Q.S Al – Baqarah : 286)

❖ Bertarung bukan karena bisa menang, tapi bertarung karena harus menang

PERSEMBAHAN

Sujud Syukur Kepada Allah Yang Maha Kuasa
Kupersembahkan hasil usahaku dan terima kasihku untuk :

1. Kedua Orang tuaku tercinta (Papa Setiawan dan Mama Evi Rofidah) yang senantiasa selalu memberikan dukungan, kasih sayang dan do'a di setiap perjalananku.
2. Seluruh teman – teman seperjuanganku Angkatan ke-Tujuh DIV Teknik Energi 2015
3. Untuk Almamater Kebanggaanku Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang Tempatku Menimba Ilmu.

ABSTRAK

PROTOTYPE ALAT PENERING MENGGUNAKAN SUMBER DAYA SEL SURYA FOTOVOLTAIK (PENGARUH LAJU ALIR UDARA TERHADAP EFISIENSI TERMAL PADA PROSES PENERINGAN KERUPUK)

Muhammad Evit Kurniawan, 51 Halaman, 6 Tabel, 20 Gambar

Proses pengeringan merupakan salah satu bagian terpenting dalam proses produksi kerupuk. Berdasarkan survei berupa observasi langsung dan pengumpulan informasi diketahui bahwa beberapa industri skala kecil (rumahan) dan menengah di kelurahan seberang Ulu 3 RT 17 masih menggunakan cara tradisional dalam proses pengeringan kerupuk. Dalam proses pengeringan ini memiliki beberapa kekurangan yaitu masih tergantung pada kondisi cuaca sehingga hanya dapat digunakan terbatas pada siang hari saat matahari bersinar dan tidak adanya kontrol temperatur sehingga pengeringan kerupuk tidak dapat terjaga konstan. Untuk mengatasi masalah tersebut dirancanglah prototipe alat pengering dengan kombinasi fotovoltaik dan *Thermal Back up Unit* (TBU) berupa kompor. Perumusan Masalah difokuskan pada pengaruh laju alir terhadap kadar air dan efisiensi termal dalam proses pengeringan kerupuk. Pada penelitian ini terdapat variabel tetap dan variabel kontrol. Variabel tetap meliputi jenis kemplang yang digunakan, massa kemplang masuk oven dan kondisi waktu pengeringan dalam oven. Variabel kontrol yaitu kondisi laju alir dan temperatur, dan hasil yang didapatkan efisiensi sebesar 57,16 %, 68,98 %, 73,27 %, 78,12 %, dan 80,4 % dimana efisiensi terendah pada laju alir 6 m/s dan efisiensi tertinggi pada laju alir 10 m/s. Dari hasil perhitungan dan analisa dapat disimpulkan bahwa laju alir berpengaruh terhadap efisiensi termal pada proses pengeringan kemplang

Kata kunci : Kerupuk, Prototipe Alat Pening, Laju alir

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **PROTOTIPE ALAT PENGERING MENGGUNAKAN SUMBER DAYA SEL SURYA FOTOVOLTAIK (Pengaruh Laju alir udara terhadap Efisiensi Termal pada Proses Pengeringan Kerupuk)** tepat pada waktunya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini barulah merupakan langkah awal yang masih jauh dari tujuan semestinya yang ingin dicapai, atau dapat dikatakan bahwa penulis menyusun Tugas Akhir ini masih dalam bentuk sederhana, mengingat luasnya permasalahan yang dibahas dibandingkan dengan kemampuan yang penulis miliki.

Berbagai kesulitan yang penulis alami selama penyusunan Tugas Akhir ini, namun semuanya itu dapat kami atasi berkat bantuan dan dukungan dari beberapa pihak disertai doa kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Adi Syakdani, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
2. Bapak Ahmad Zikri, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Bapak Ir. Arizal Aswan, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya
4. Bapak Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S. dan Bapak Ir. Sahrul Effendy, M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Keluarga tercinta yang selalu memberikan do'a dan motivasi baik secara moril maupun materil selama mengerjakan tugas akhir ini.
6. Teman – teman yang melakukan penelitian yang sama
7. Teman – teman angkatan 2015 Jurusan Teknik Kimia Program Studi DIV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya

8. Semua pihak yang telah ikut berpartisipasi membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, yang tentunya akan mendorong penulis untuk berkarya lebih baik lagi pada kesempatan yang akan datang. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Juli 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

Hal

MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	12
1.1 Latar Belakang	12
1.2 Rumusan Masalah	13
1.3 Tujuan Penelitian.....	13
1.4 Manfaat Penelitian.....	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Konsep Dasar Pengeringan.....	15
2.2 Mekanisme Pengeringan	16
2.3 Kelembaban Udara.....	17
2.4 Faktor yang mempengaruhi proses pengeringan.....	20
2.5 Pengertian sel surya (fotovoltaik).....	22
2.6 Prinsip kerja sel surya (fotovoltaik)	23
2.7 Analisa.....	24
2.8 Kerupuk	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Pendekatan Fungsional.....	30
3.2 Pendekatan Struktural.....	31
3.3 Pertimbangan Percobaan	32
3.4 Pertimbangan Percobaan	33
3.5 Pengamatan	34
3.6 Prosedur Percobaan	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Data Hasil Perhitungan dan Penelitian	37
4.2 Pembahasan	38

BAB V PENUTUP.....	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	xi
PERHITUNGAN DESAIN.....	52
PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	56
PERHITUNGAN NERACA ENERGI.....	59

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Standard Mutu Kerupuk Ikan (SNI 01-2713-1999).....	29
Tabel 2. Pendekatan Fungsional Alat.....	30
Tabel 3. Spesifikasi Prototipe Alat Pengering	32
Tabel 4. Peralatan yang digunakan	33
Tabel 5. Data pengamatan.....	37
Tabel 6. Data Hasil Perhitungan	38

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Proses perpindahan air	16
Gambar 2. Proses Difusi air di dalam bahan.....	17
Gambar 3. Garis sifat udara pada <i>Psychrometric Chart</i>	19
Gambar 4. Kurva Psikometrik Proses Pengeringan	20
Gambar 5. Prinsip Kerja Sel surya Fotovoltaik	23
Gambar 6. Kerupuk Kemplang	28
Gambar 7. Prototipe Pengering Menggunakan Sel Surya Fotovoltaik	31
Gambar 8. Grafik pengaruh laju alir udara terhadap massa H ₂ O yang menguap	40
Gambar 9. Grafik pengaruh laju alir udara terhadap efisiensi termal	41
Gambar 8. Pengeringan Manual Bahan Baku Kerupuk di 3 – 4 Ulu Palembang	60
Gambar 9. Menimbang kerupuk sebelum pengeringan	60
Gambar 10. Observasi Bahan Baku Kerupuk Dan Tekwan.....	60
Gambar 11. Meletakkan Kemplang ke dalam Oven	60
Gambar 12. Mengeluarkan Kemplang dalam Oven.....	60
Gambar 13. Menimbang Kemplang setelah pengeringan	60
Gambar 14. Kompor Gas dan Control Panel	60
Gambar 15. Bagian dalam oven	60
Gambar 16. Alat Pengering	60
Gambar 17. Pipa udara masuk	60
Gambar 18. Bagian atas oven.....	60
Gambar 19. Bagian Belakang Oven.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dimana sebagian besar wilayahnya terdiri dari perairan dan lautan yang berpotensi untuk mengolah makanan yang berbahan baku ikan, salah satunya adalah pengolahan ikan menjadi kerupuk.

Kerupuk merupakan makanan ringan khas dari Sumatra Selatan yang banyak diminati masyarakat, sehingga kerupuk masih banyak diproduksi sampai saat ini. Salah satu pedagang kemplang di kelurahan seberang Ulu 3 RT 17 Bapak Samsudin memproduksi kerupuk dengan cara tradisional dengan pengeringan menggunakan cahaya matahari. Metode pengeringan ini masih memiliki kendala karena masih tergantung pada kondisi cuaca dan waktu pengeringan yang lama. Bapak Samsudin memulai usaha kemplangnya pada tahun 2007 dengan produksi 100 kg dan penjualan Rp. 30.000 per kilo. Dalam sebuah kerupuk yang masih belum dipotong (lenjeran) memiliki berat 400 gram, panjang 44 cm, diameter 4 cm, dan biasanya satu potong kemplang berukuran 6 milimeter untuk ketebalannya. Menurut pernyataan dari Bapak Samsudin dalam kegiatan produksinya masih memiliki kendala terutama dalam proses pengeringan, dimana untuk mengeringkan kerupuk yang belum dipotong (lenjeran) membutuhkan waktu selama 2 hari, kemudian kerupuk tersebut dipotong dan dijemur kembali selama 3 hari, setelah dikeringkan kemplang tersebut siap digoreng dan di jual, namun apabila cuaca tidak cerah maka waktu pengeringan akan lebih lama bisa mencapai 1 minggu. Karena permasalahan tersebut penulis merancang alat pengering dengan menggunakan modul surya sehingga energi dapat disimpan dan dapat dioperasikan pada saat malam hari.

Pemanfaatan energi matahari memiliki prospek yang sangat baik untuk dikembangkan di Indonesia menggantikan sumber energi fosil yang tidak ramah

lingkungan dan ketersediaannya semakin lama semakin menipis. Berdasarkan data letak strategis negara Indonesia di sekitar garis khatulistiwa (bidang datar ekuator) menyebabkan sebagian besar wilayah di Indonesia mendapat penyinaran matahari sepanjang tahun sehingga memungkinkan Indonesia untuk mengembangkan energi matahari menjadi sumber energi termal. Pengereng surya mempunyai beberapa keuntungan antara lain : sederhana, biaya rendah dan tidak memerlukan banyak tenaga kerja. Waktu proses pengeringan dengan pengereng surya dapat berkurang sebanyak 65% dibanding pengeringan tradisional. (braguy, 2004).

1.2 Rumusan Masalah

Secara umum terdapat beberapa faktor yang menentukan kinerja dari proses pengeringan pada alat pengereng menggunakan sistem fotovoltaik, dalam hal ini penulis akan menganalisis kondisi laju alir udara pada alat pengereng dengan sumber daya fotovoltaik.

1.3 Tujuan Penelitian.

Adapun tujuan dari rancang bangun alat pengereng tenaga surya fotovoltaik ini adalah :

1. Membuat alat pengereng kemplang dengan tipe *try dryer*
2. Menganalisis pengaruh laju alir udara terhadap kadar air dan efisiensi termal alat pengereng kerupuk

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari rancang bangun alat pengereng tenaga surya fotovoltaik ini adalah :

1. Bagi Peneliti
Memberikan pembelajaran tentang teknologi pengeringan dengan menggunakan Energi terbarukan berupa energi surya serta mengetahui pengaruh temperatur terhadap efisiensi termal pada alat pengereng
2. Bagi Masyarakat
Memberikan pengetahuan kepada masyarakat dan industri pembuatan kerupuk dalam skala kecil/menengah mengenai teknologi pengeringan yang lebih efektif dan efisien

3. Bagi Lembaga Akademik

Memberikan acuan dan bahan studi kasus bagi pembaca maupun mahasiswa serta menjadi referensi untuk menambah ilmu pengetahuan mengenai alat pengering menggunakan sumber daya sel surya fotovoltaik dan TBU

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Pengeringan

Pemahaman tentang prinsip pengeringan diperlukan agar produk pengeringan yang dihasilkan berkualitas baik dan dapat disimpan untuk waktu yang lebih lama. Pengeringan adalah sebuah proses ganda yakni perpindahan panas dari sumber pemanas ke produk dan perpindahan massa kelembapan (moisture) dari bagian dalam produk ke permukaannya dan berturut-turut sampai terlepas ke udara. (Hollick, 1999).

Prosesnya tidak hanya melibatkan penguapan air pada permukaan benda padat tetapi juga pergerakan air dari bagian dalam ke permukaannya. Selama proses pengeringan terjadi Reaksi fisik, kimia dan biologis secara bersamaan

1. Reaksi Fisik

Merupakan proses pengeluaran air di dalam suatu zat. Menurut (Rockland, 1969) membagi air tertambat pada makanan menjadi tiga jenis.

- a. Air yang tidak terikat yang terdapat di pori-pori makanan dan mudah menguap
- b. Molekul air yang terikat pada gugus ionik seperti kelompok karboksil dan amino
- c. Molekul air yang berikatan hidrogen dengan gugus hidroksil dan amida

2. Reaksi Kimia

Reaksi yang terjadi selama perubahan bahan mentah menjadi produk yang berkualitas

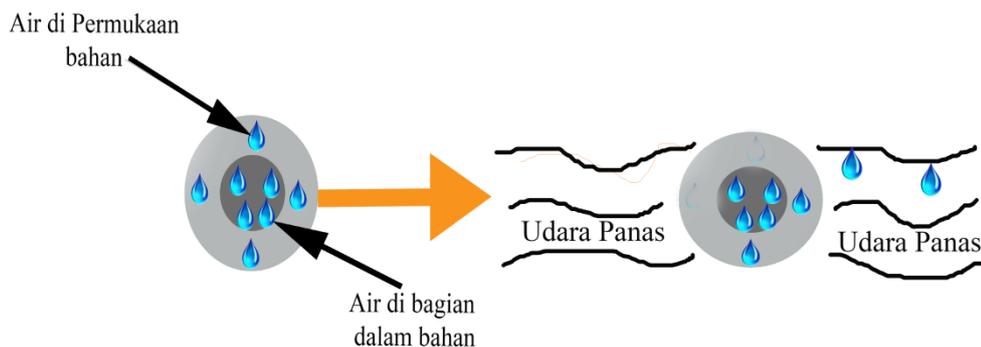
3. Reaksi Biologis

Proses ini melibatkan kegiatan mikroorganisme yang terjadi selama proses pengeringan

2.2 Mekanisme Pengeringan

Mekanisme pengeringan diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan air terikat. Air bebas berada di permukaan dan yang pertama kali mengalami penguapan. Bila air permukaan telah habis, maka terjadi migrasi air dan uap air dari bagian dalam bahan secara difusi. Migrasi air dan uap terjadi karena perbedaan tekanan uap pada bagian dalam dan bagian luar bahan (Handerson dan Perry, 1976). Berikut ini merupakan tahapan proses terjadinya pengeringan :

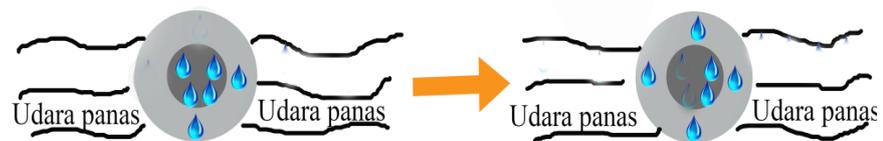
1. Kandungan air yang terdapat didalam bahan (padatan) terbagi menjadi 2 yaitu air di bagian dalam bahan dan air yang terdapat di permukaan. Ketika bahan dipanaskan (dengan menggunakan udara kering) maka air yang terdapat dibagian permukaan bahan akan menguap terlebih dahulu dan terbawa oleh udara seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Proses perpindahan air

Sumber : Geankoplis, 1993

2. Air di bagian permukaan bahan akan berkurang, sehingga jumlah air di permukaan padatan lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah air di bagian dalam bahan. Akibatnya air yang berada di bagian dalam bahan akan berpindah ke bagian permukaan bahan secara difusi (perpindahan suatu zat di dalam suatu bahan dari bagian konsentrasi tinggi ke bagian konsentrasi rendah). Air tersebut akan terakumulasi di bagian permukaan bahan



Gambar 2. Proses Difusi air di dalam bahan

Sumber : Geankoplis, 1993

3. Setelah itu air yang terakumulasi di bagian permukaan akan menguap dan dibawa oleh udara. (Geankoplis, 1993). Jumlah air yang dapat berpindah dari bahan ke udara tergantung dari massa udara dan kelembabannya. Semakin besar massa udara yang digunakan maka semakin banyak air yang dapat diangkut oleh udara tersebut. Dengan catatan bahwa kelembaban udara harus lebih rendah dari pada kelembaban bahan yang akan dikeringkan, karena apabila kelembaban udara lebih tinggi dari bahan yang akan dikeringkan maka air tidak dapat berpindah ke udara tersebut, yang terjadi sebaliknya air yang terdapat di udara akan berpindah ke bahan yang akan dikeringkan. Oleh karena itu udara harus dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dipanaskan sebelum dilakukan proses pengeringan (Sotocinal, 1992).

2.3 Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan banyaknya jumlah kandungan uap air yang terdapat pada udara. Udara merupakan campuran antara udara kering dan uap air. Kelembaban udara dapat dinyatakan dalam dua cara yaitu kelembaban absolut dan kelembaban spesifik. Kelembaban absolut merupakan cara yang digunakan untuk menyatakan massa uap air dalam campuran udara, biasanya

dinyatakan dalam gram per meter kubik (g/m^3). Kelembaban relatif didefinisikan sebagai perbandingan fraksi molekul uap air di dalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama, atau perbandingan antara tekanan parsial uap air yang ada di dalam udara dengan tekanan jenuh uap air yang ada pada temperatur yang sama. Kelembaban relatif dapat dikatakan sebagai kemampuan udara untuk menerima kandungan uap air, jadi semakin besar RH semakin kecil kemampuan udara tersebut untuk menyerap uap air. Pengertian lain, Kelembaban udara relatif (atau RH, Relative Humidity), adalah rasio antara tekanan uap air aktual pada temperatur tertentu dengan tekanan uap air jenuh pada temperatur tersebut. Psychrometric Chart merupakan bidang yang mempelajari cara untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan termodinamika pada suatu gas yang didalamnya terdapat campuran gas dan uap. Salah satu contohnya adalah udara yang ada disekitar kita, udara tersebut merupakan campuran antara udara kering dan uap air. Sifat-sifat yang dapat diketahui dari Psychrometric Chart adalah Dry Bulb Temperature, Wet Bulb Temperature, Dew Point, Relative Humidity, Humidity Ratio, Enthalpy, dan Volume Spesifik. Dry Bulb Temperature (DBT) adalah suhu yang terbaca pada termometer bulb biasa dengan bulb pada keadaan kering. Bulb merupakan bagian bawah termometer dimana digunakan sebagai penampungan cairan termometer. Cara kerja termometer ini yaitu memanfaatkan sifat pemuaian cairan termometer (misalkan: air raksa), air raksa akan memuai dan naik pada pipa kapiler dan dikonversikan ke satuan suhu celcius, kelvin atau fahrenheit.

Wet Bulb Temperature (WBT) dalam bahasa Indonesia berarti temperatur bola basah. Sesuai dengan namanya temperatur diukur dengan menggunakan termometer yang bulbnya dalam keadaan basah, hal ini dapat dilakukan dengan menutup bulb dengan kain basah kemudian dialiri dengan udara yang akan diukur temperaturnya. Perpindahan panas terjadi dari udara ke kain basah pada bulb termometer dan akan menguapkan air pada kain basah tersebut, kemudian uap air tersebut akan memuaikan cairan raksa pada bulb termometer.

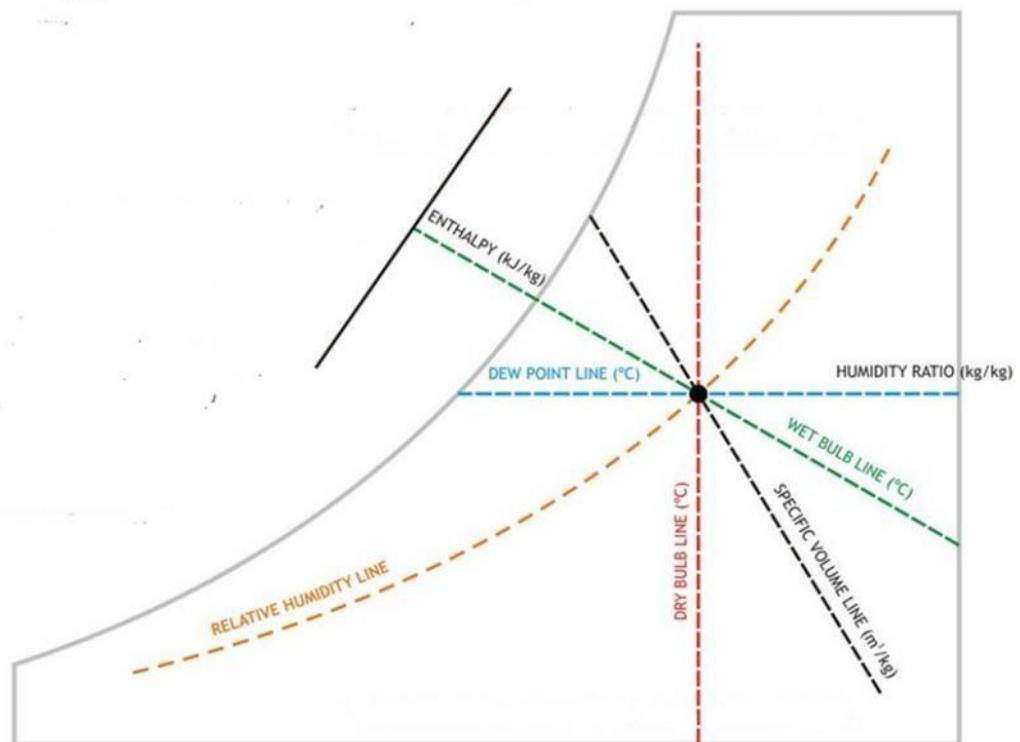
Dew Point merupakan suhu dimana kondisi udara telah mencapai titik jenuh, jika udara tersebut mengalami pelepasan kalor sedikit saja maka uap air akan mengembun.

Humidity Ratio (w) merupakan ukuran massa uap air yang ada dalam satu satuan udara kering (kg/kg).

Relative Humidity (RH) merupakan perbandingan antara fraksi mol udara basah pada suhu dan tekanan yang sama dinyatakan dalam satuan perse (%).

Volume spesifik (v) merupakan besarnya volume udara dalam satuan massa (m^3 /kg). Enthalpy (h) merupakan banyaknya kalor dalam satu satuan massa udara. Enthalpy ini merupakan total energi dari uap air dan udara kering

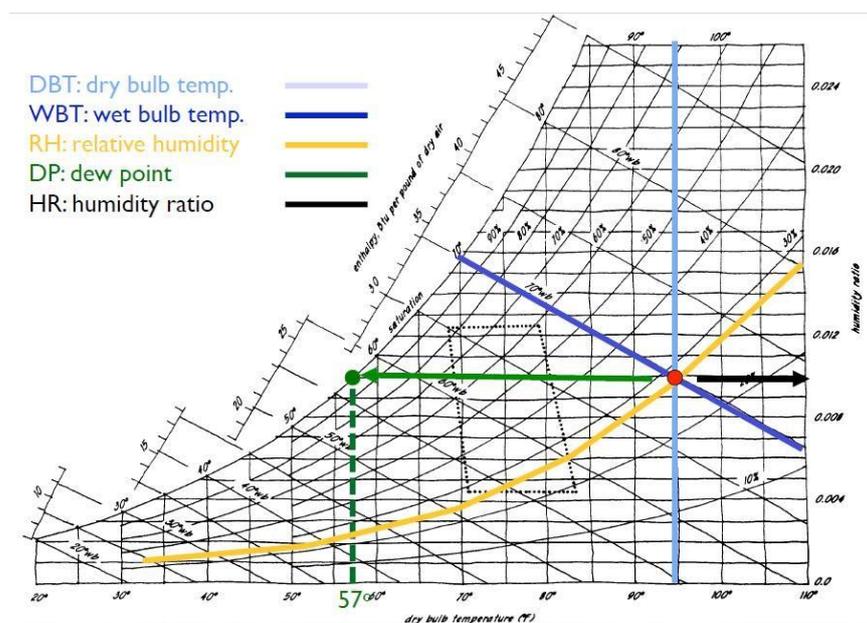
Untuk mengetahui sifat-sifat dari udara kita dapat menggunakan Psychrometric Chart seperti terlihat pada Gambar 3. Kita harus mengetahui sedikitnya dua sifat udara dengan demikian sifat-sifat udara lainnya dapat diketahui dari Psychrometric Chart. Sifat-sifat udara yang belum diketahui dapat dicari dengan menemukan titik perpotongan antara dua sifat yang diketahui, di titik tersebut sifat-sifat udara lainnya dapat diketahui.



Gambar 3. Garis sifat udara pada *Psychrometric Chart*
Sumber : Ismoyo, 2017

Dari Gambar 3 dapat dilihat bagaimana cara untuk menentukan sifat – sifat udara. Untuk menentukan humiditas udara dengan temperatur bola kering dan bola basah dapat dilakukan dengan menarik garis tegak lurus dari bola kering hingga

memotong temperature bola basah lalu menarik titik potong tersebut lurus kesebelah kanan dan didapatkanlah harga humiditasnya, untuk mendapatkan harga dewpoint dapat dilakukan dengan menarik titik potong tersebut lurus kesebelah kiri. Begitu juga dengan variabel yang lainnya dapat dicari dengan menggunakan cara yang sama sehingga nilainya akan didapatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Kurva Psikometrik Proses Pengeringan
(Sumber : Perry's Chemical Handbook, 1989)

2.4 Faktor yang mempengaruhi proses pengeringan

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengeringan yaitu :

1. Kandungan *moisture* dalam bahan

Kadar air dapat dinyatakan sebagai berat air sebagai proporsi total berat baik dari bahan basah (wb) atau bahan kering (db). Proses pengeringan berlangsung sampai tidak ada transfer panas antara makanan dan udara. hal ini disebut sebagai ketimbangan kadar air. Ini bervariasi tergantung pada jenis bahan atau produk. Menurut (Mujumdar dan Menon, 1992), kelembaban di dalam produk dibagi menjadi tiga jenis yang terikat, tidak terikat dan bebas kelembaban dijelaskan di bawah ini:

- a. *Moisture* terikat adalah uap air yang terdapat sebagai larutan cair, yang terperangkap di dalam bagian mikro dari padatan yang memiliki tekanan uap lebih rendah dari cairan murni

- b. *Moisture* tidak terikat yang keberadaannya berlebih didalam padatan perlu dihilangkan melalui proses pengeringan
 - c. *Moisture* bebas bisa terikat ataupun tidak terikat dan dapat dihilangkan pada temperatur ruang. *Moisture* bebas ini tidak terikat secara kimia dengan bagian didalam padatan
2. Luas Permukaan Bahan
Air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang ada di bagian tengah akan merembes ke bagian permukaan dan kemudian menguap. Untuk mempercepat pengeringan umumnya bahan pangan yang akan dikeringkan dipotong-potong atau diirisiris terlebih dulu. Hal ini terjadi karena pemotongan atau pengirisan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas dapat berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar, dan potongan-potongan kecil atau lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke pusat bahan pangan. Potongan kecil juga akan mengurangi jarak melalui massa air dari pusat bahan yang harus keluar ke permukaan bahan dan kemudian keluar dari bahan tersebut. (Supriyono, 2003)
 3. Temperatur pengeringan
Pengeringan di bawah kondisi suhu dan kelembaban yang terkontrol akan mempercepat proses pengeringan serta menjaga kondisi produk sehingga produk yang dihasilkan berkualitas (Sharma, 1995). Jika di awal pengeringan suhu terlalu rendah dengan kelembaban yang tinggi maka mikroorganisme akan tumbuh sebelum makanan dapat dikeringkan. Jika suhunya terlalu tinggi dan kelembabannya terlalu rendah maka bagian permukaan makanan dapat mengeras.
 4. Laju alir udara
Selain itu, Laju alir udara kering yang di suplai ke ruang pengeringan harus disesuaikan. Udara dipertahankan untuk mencegah proses saturasi (kondisi dimana udara menjadi jenuh mengandung uap air dan terjadi pengembunan) (Samson,1992). Untuk pengeringan yang efektif, udara yang disuplai harus udara panas, kering, dan bergerak. Kelembapan udara relatif 95% artinya udara mendekati jenuh kandungan airnya. Kelembaban relative 100% artinya

udara sudah jenuh dan mengembun menjadi air (saturasi). Ketika kelembaban relative 100% maka dew point temperature akan sama dengan dry-bulb temperature. (Sotocinal, 1992)

Berbagai jenis produk yang akan dikeringkan dapat membutuhkan kisaran suhu pengeringan yang berbeda tergantung dari kadar air awal dan akhir. Umumnya, kadar air dari makanan kering juga beragam mulai dari 5 hingga 25 persen. The El Paso Solar Energy Association memberikan pedoman dasar untuk pengeringan makanan di mana suhu berkisar antara 37 °C - 71 °C akan efektif membunuh bakteri dan menonaktifkan enzimnya sedangkan untuk pengering surya direkomendasikan suhu sekitar 43 °C yang dapat menghilangkan 80 - 90% kelembaban dari makanan. Pengeringan dengan menggunakan sistem hybrid (Tenaga Surya dan Biomassa) untuk sebagian besar jenis buah-buahan, sayuran, dan juga ikan di daerah tropis dikeringkan pada ruang pengeringan sekitar 60-70 °C. Untuk proses penyimpanan, makanan biasanya dikeringkan hingga kadar air akhir <14% dan RH 80-90%

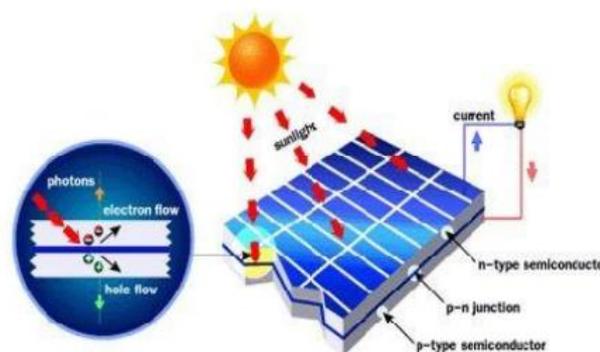
2.5 Pengertian sel surya (fotovoltaik)

Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaik yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan, dan menurunkan masa pakai yang di harapkan. Panel surya biasanya memiliki umur 20+ tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Panel surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%. Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan overheating yang baik dalam bentuk semen

konduktif termal. Perlindungan overheating penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian overheating dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan. Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut. (Dickson, 2017).

2.6 Prinsip kerja sel surya (fotovoltaik)

Pengkonversian sinar matahari menjadi listrik dengan panel photovoltaik, kebanyakan menggunakan Poly Crystalline Silicon sebagai material semikonduktor *photocell* mereka. Prinsipnya sama dengan prinsip diode p-n Gambar dibawah ini mengilustrasikan prinsip kerja photovoltaik panel.



Gambar 5. Prinsip Kerja Sel surya Fotovoltaik
(Sumber : <https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>)

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

1. Cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
2. Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.

3. Gabungan / susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik dc, yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.

Daya listrik dc tidak dapat langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listriknya menjadi daya listrik ac. Dengan menggunakan konverter maka daya listrik dc dapat berubah menjadi daya listrik ac sehingga dapat digunakan. (Dickson, 2017).

2.7 Analisa

2.7.1 Kadar Air

Kadar air suatu bahan perlu diketahui, karena air dapat mempengaruhi cita rasa. Di samping itu, kadar air juga mempengaruhi kesegaran dan daya tahan tersebut terhadap serangan mikroorganisme selama penanganannya (Winarto, 1984). Kadar air yang diharapkan dari produk yang akan dihasilkan adalah kadar air yang terendah. Semakin rendah kadar air maka penyerapan uap air dari udara akan semakin lama. Hal ini akan menjaga ketahanan bahan dari kerusakan dari mikroorganisme selama penyimpanan. Kadar air yang terus bertambah juga dapat menyebabkan kerusakan pada produk yang ditandai dengan penggumpalan produk. (Irma, 2010)

Untuk mengetahui kadar air bahan baku digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ kadar air} = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_1 - W_0)} \times 100\% \quad \dots(1)$$

Keterangan :

W_0 = berat cawan kosong + tutup (gr)

W_1 = berat cawan + tutup + sampel sebelum dikeringkan (gr)

W_2 = berat cawan + tutup + sampel setelah dikeringkan (gr)

2.7.2 Neraca Massa dan Neraca Energi pada *Try Dryer*

Neraca Massa merupakan ilmu yang mempelajari kesetimbangan massa dalam sebuah sistem. Dalam neraca massa, sistem adalah bagian yang diamati atau dikaji.

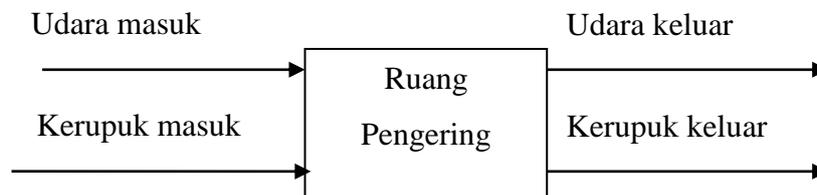
Berdasarkan hukum kekekalan massa yang mengatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan atau dimusnakan. Sehingga dapat didefinisikan bahwa total massa atau berat dari semua bahan yang memasuki sistem apa pun harus sama dengan total massa dari semua bahan yang meninggalkan sistem ditambah massa bahan yang terakumulasi atau tertinggal dalam sistem tersebut

$$\text{Input} = \text{Output} + \text{Akumulasi} \quad \dots(2)$$

Namun ketika proses berlangsung secara *steady – state* maka tidak akan ada akumulasi massa dalam suatu proses, yang berarti bahwa input akan sama dengan output. (Geankoplis, 1993).

$$\text{Input} = \text{Output (steady state)} \quad \dots(3)$$

Neraca Massa pada *Try Dyer* :



1. Menghitung luas penampang masuk dan keluar

$$\text{Luas penampang (A)} = \frac{\pi}{4} \times d^2 \quad \dots(3)$$

Dimana :

A = Luas penampang (m²)

d = Diameter Pipa (m)

2. Menghitung debit aliran udara masuk dan keluar

$$D = v \times A \quad \dots(4)$$

Dimana :

D = debit (m³/s)

v = laju alir udara (m/s)

A = luas penampang (m^2)

3. Menghitung massa udara masuk dan keluar

$$m \text{ udara} = \frac{P.V.Bm \text{ udara}}{R.T} \quad \dots(5)$$

Dimana :

m = massa udara (kg)

P = tekanan (atm)

V = Volume (m^3)

Bm = berat molekul udara (kg/kgmol)

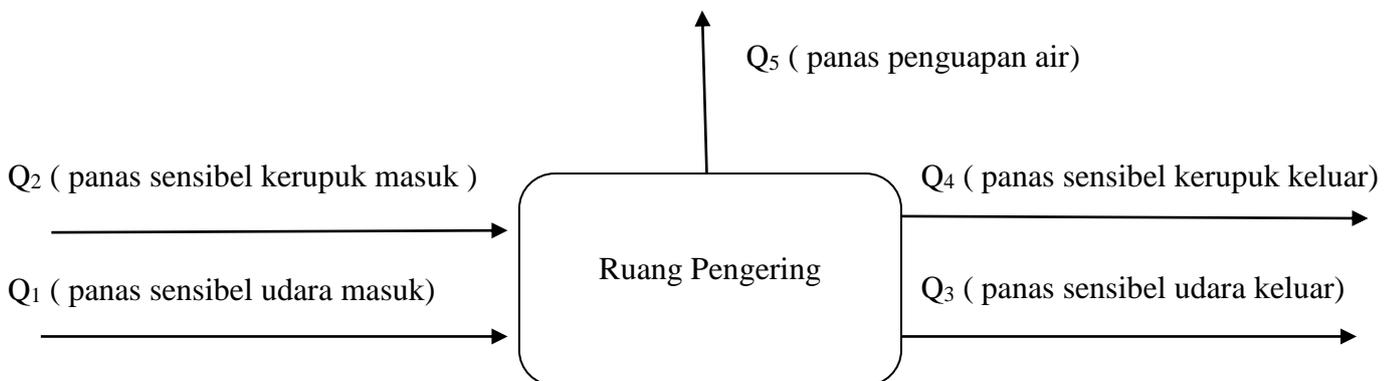
R = Konstanta gas ideal (atm.liter/kgmol.K)

4. Menimbang berat kemplang sebelum dan sesudah pengeringan

Sedangkan Neraca Energi merupakan ilmu yang membahas tentang kesetimbangan energi dalam sebuah sistem. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnakan tetapi dapat berpindah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Energi yang masuk dalam sebuah sistem akan sama dengan Energi yang keluar ditambah dengan akumulasi (energi yang hilang /losses)(Geankoplis, 1993).

$$Q \text{ Input} = Q \text{ Output} + Q \text{ loss} \quad \dots(6)$$

Neraca Panas pada *Tray Dyer* :



Panas Input

1. Panas sensibel udara masuk (Q_1)

$$cp = a + \frac{b}{2}(T_2+T_1) + \frac{c}{3}(T_2^2 + T_2.T_1 + T_1^2) \quad \dots(7)$$

$$Q_1 = n \times cp \times T \quad \dots(8)$$

Dimana :

cp = kapasitas panas udara (kal/grmol.K)

n = mol udara (mol)

T = Temperatur (K)

2. Panas sensibel kerupuk keluar (Q_2)

$$Q_2 = m \times cp \times T \quad \dots(9)$$

Dimana :

m = kerupuk (kg)

cp = kapasitas panas kerupuk (kj/kg. K)

T = Temperatur (K)

Panas Output

1. Panas udara keluar (Q_3)

$$cp = a + \frac{b}{2}(T_2 - T_1) + \frac{c}{3}(T_2^2 + T_2.T_1 + T_1^2) \quad \dots(10)$$

$$Q_3 = n \times cp \times T \quad \dots(11)$$

Dimana :

cp = kapasitas panas udara (kal/grmol.K)

n = mol udara (mol)

T = Temperatur (K)

2. Panas sensibel kerupuk setelah pengeringan (Q_4)

$$Q_4 = m \times cp \times T \quad \dots(12)$$

Dimana :

m = massa air (kg)

cp = kapasitas panas kerupuk (kj/kg. K)

T = Temperatur (K)

3. Panas penguapan air (Q_5)

$$Q_5 = n \times \lambda \quad \dots(13)$$

Dimana :

n = mol air (mol)

λ = Entalpi penguapan air (btu/lbmol)

2.7.3 Efisiensi Termal pada Tray Dyer

$$\eta = \frac{out}{in} \times 100 \% \dots(\text{pers 21-6 hal. 648 Himmelblau}) \quad \dots(14)$$

Dimana :

η = Efisiensi panas

out = Panas Keluar

in = Panas Masuk

2.8 Kerupuk

Kerupuk merupakan makanan ringan khas di Sumatra bagian selatan, Indonesia. Kerupuk biasanya terbuat dari ikan tenggiri (wahoo), dicampur dengan tepung tapioka dan perasa lainnya, dijemur dan kemudian dipanggang atau digoreng. (<https://en.wikipedia.org/wiki/Kemplang>)



Gambar 6. Kerupuk Kemplang

sumber : <https://en.wikipedia.org/wiki/Kemplang>

Ada 4 jenis kemplang yang populer di Palembang yaitu : kerupuk kemplang, kemplang kancing, kemplang keriting, dan kemplang pilus.

Tabel 1. Standard Mutu Kerupuk Ikan (SNI 01-2713-1999)

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Rasa dan Aroma		Khas kerupuk ikan
2.	Serangga dalam bentuk stadia dan potongan – potongan serta benda – benda asing		Tidak ternyata
3.	Kapang		Tidak ternyata
4.	Air	%	Maks. 11
5.	Abu tanpa garam	%	Maks. 1
6.	Protein	%	Min. 6
7.	Lemak	%	Maks. 0,5
8.	Serat Kasar	%	Maks. 1
9.	Bahan tambahan makanan		Tidak ternyata atau sesuai dengan peraturan yang berlaku
10.	Cemaran logam (Pb, Cu, Hg)		Tidak ternyata atau sesuai dengan peraturan yang berlaku
11.	Cemaran arsen (As)		Tidak ternyata atau sesuai dengan peraturan yang berlaku

sumber : Badan Standarisasi Nasional, 1999

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Fungsional

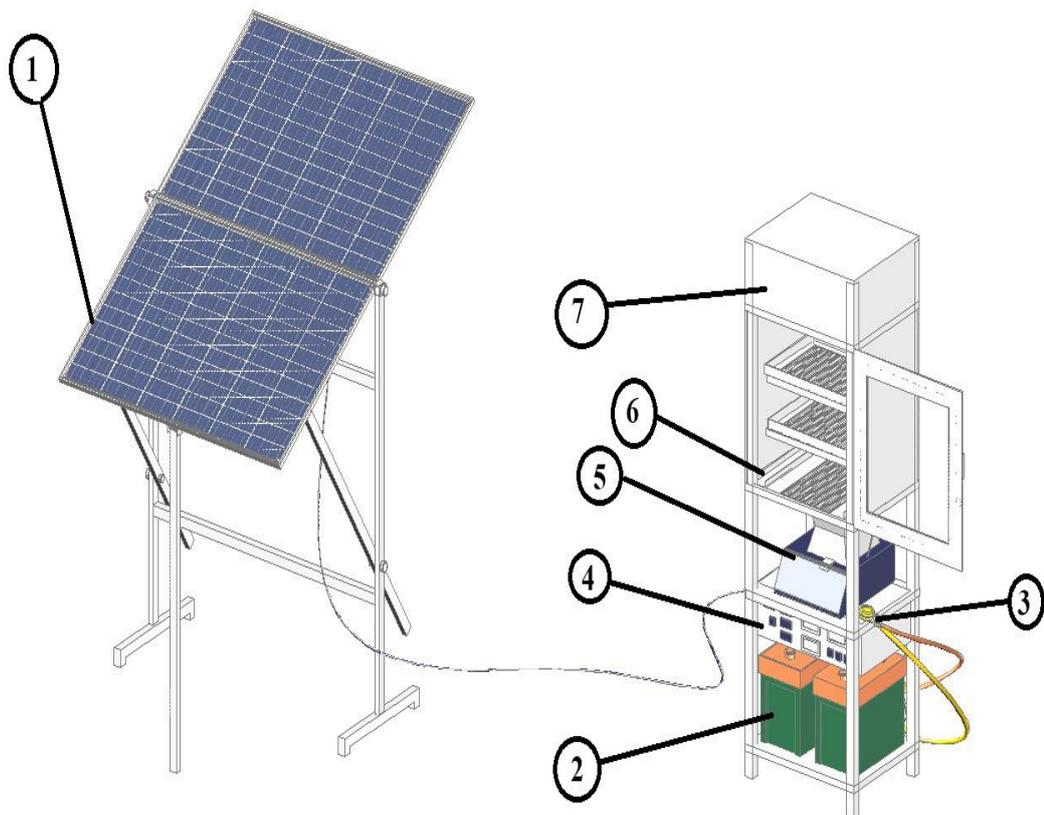
Prototype Alat Pengering Menggunakan Sumber Daya Sel Surya Fotovoltaik dan *Thermal Backup Unit* (TBU) berfungsi untuk mengeringkan material padat. Komponen-komponen *prototype* Alat Pengering memiliki fungsinya masing-masing yaitu pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Pendekatan Fungsional Alat

No	Alat	Fungsi
1	Panel Surya	Sebagai penangkap panas dari sinar matahari dan mengkonversinya menjadi arus listrik.
2	Ruang Pengering (<i>Dryer</i>)	Sebagai tempat terjadinya proses pengeringan.
3	Motor Listrik	Untuk menggerakkan rak yang ada di dalam ruang pengering (<i>Dryer</i>).
4	<i>Fan</i>	Untuk menghembuskan udara dari lingkungan ke <i>Thermal Backup Unit</i> (TBU).
5	Kompas Gas	Sebagai tempat terjadinya pembakaran gas LPG sebagai sumber energi cadangan.
6	Tabung Gas	Tempat penyimpanan bahan bakar cadangan yaitu gas LPG.
7	Inverter	Untuk mengkonversi arus listrik searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC).
8	Baterai	Untuk menyimpan daya listrik.
9	<i>Charge Controller</i>	Untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan mencegah kelebihan daya.
10	<i>Blower Heater</i>	Untuk menghembuskan udara panas ke dalam ruang pengering (<i>dryer</i>).
11	Pipa besi pemanas	Untuk mentransfer panas dari kompor gas ke udara.
12	Rangka	Untuk menempatkan seluruh peralatan agar rapi dan dapat mudah dipindahkan.
13	<i>Solenoid Valve</i>	Untuk mengatur laju alir gas yang mengalir ke <i>Thermal Backup Unit</i> (TBU).

3.2 Pendektaan Struktural

Secara umum, *Prototype* Alat Pengering Menggunakan Sumber Daya Sel Surya Fotovoltaik dan *Thermal Backup Unit* (TBU) dibagi menjadi beberapa bagian besar yaitu bagian sumber energi, bagian pemanas dan bagian *dryer* dan bagian pelengkap. Spesifikasi alat pengering secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3. *Prototype* alat pengeringan menggunakan sumber daya fotovoltaik dan TBU dapat ditunjukkan pada gambar 4 berikut.



Gambar 7. Prototipe Pengering Menggunakan Sel Surya Fotovoltaik

Keterangan :

1 : Panel Surya

2 : Baterai

3 : *Selenoid Valve*

4 : *Control Panel*

5 : *Kompor*

6 : *Heater*

7 : *Oven*

Tabel 3. Spesifikasi Prototipe Alat Pengering

Material	Keterangan
Sumber Energi	Modul Surya dan Kompor Gas LPG
Sumber Panas	<i>Blower Heater</i> dan Elemen Pemanas
Dimensi Modul Surya	Dimensi : 2000 x 1000 mm
	Kapasitas : 100 Wp
Ruang Pengering	Dimensi : 500 x 500 x 600 mm
	Bentuk : Rak Bersusun 2
	Kapasitas : 2 kg
Dimensi Rak	400 x 400 mm
Motor Listrik	Kapasitas : 220 V
<i>Blower Heater</i>	Jumlah : 4 buah
	Kapasitas : 100 W
Kapasitas <i>Blower Heater</i>	100 Watt
Baterai	Baterai 70 AH
	Aki 10 A
Inverter	Kapasitas 15000 Watt
Kapasitas Blower	5 Watt
Bahan Bakar Kompor	Gas LPG 3 kg
Termokopel	Tipe "K"
Kabel	Diameter : 0,75 mm

3.3 Pertimbangan Percobaan

3.3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan perancangan, perakitan, serta penelitian diperkirakan akan berlangsung selama 5 (lima) bulan terhitung mulai dari bulan Maret hingga bulan Juli tahun 2019. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

3.3.2 Alat dan Bahan

Dalam pembuatan *Prototype* Alat Pengering Menggunakan Sumber Daya Sel Surya Fotovoltaik dan *Thermal Backup Unit* (TBU) dan penelitian analisis energi dan *exergy* nya menggunakan alat dan bahan sebagai berikut :

1. Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut adonan kemplang yang sudah d rebus sebagai produk yang akan dianalisa, dan gas LPG yang digunakan untuk bahan bakar kompor sebagai sumber energi tambahan

(*backup*) jika daya yang dihasilkan energi surya tidak cukup untuk proses pengeringan.

2. Alat yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan alat dan penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Peralatan yang digunakan

No	Material	Kuantitas
1	<i>Solar Panel</i>	2 buah
2	<i>Solar Charge 20A</i>	1 buah
3	Inverter 15000 Watt	1 buah
4	Baterai 70 AH	2 buah
5	Blower Heater 100 Watt	4 buah
6	Rotameter	1 buah
7	Oven	1 buah
8	Termokopel Type "K"	1 buah
9	Kerangka	1 buah
10	Motor Listrik 220 V	1 buah
11	Paku	1 kotak
12	Kabel \varnothing 0,75 mm	1 rol
13	Engsel	1 kotak
14	Cat Kaleng	1 buah
15	Kompas Gas	1 buah
16	Tabung Gas	1 buah
17	Solenoid Valve Gas	1 buah
18	Selang Gas	1 m
19	Regulator Gas	1 buah
20	Vent 10"	1 buah
22	Aki 70 A	1 buah
23	Pipa Besi Pemanas	1 buah

3.4 Pertimbangan Percobaan

3.4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan perancangan, perakitan serta penelitian diperkirakan akan berlangsung selama 5 (lima) bulan mulai dari bulan Maret hingga bulan Juli. Tempat penelitian akan dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.

3.4.2 Bahan dan Alat

a. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ikan gabus, sagu, garam, serta berbagi rempah – rempah bumbu sebagai bahan baku pembuatan kerupuk.
2. Gas LPG yang digunakan untuk bahan bakar kompor sebagai sumber energi tambahan (*back up*) jika daya yang dihasilkan energi surya tidak cukup untuk proses pengeringan.

b. Alat yang digunakan

1. Sel Surya Fotovoltaik	2 buah
2. Solar <i>Charge</i>	2 buah
3. Inverter	1 buah
4. Baterai	2 buah
5. Elemen Pemanas	4 buah
6. Rotameter	1 buah
7. Oven	1 buah
8. Panel Control	1 buah
9. Termokontrol	1 buah
10. Kerangka	2 buah
11. Motor Listrik	1 buah
12. Paku	1 kotak
13. Kabel	100 cm
14. Engsel	1 kotak
15. Cat kaleng	1 buah
16. Kompor gas	1 buah
17. Tabung gas	1 buah

3.5 Pengamatan

Pengamatan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah laju alir udara (m/s) di dalam ruang pengeringan, kadar air awal sampel dan kadar air setelah pengeringan sampel, pengukuran kelembaban atau *humidity* udara dilakukan pada bagian dalam ruang pengering, pengukuran laju alir masuk dan laju alir udara keluar.

3.6 Prosedur Percobaan

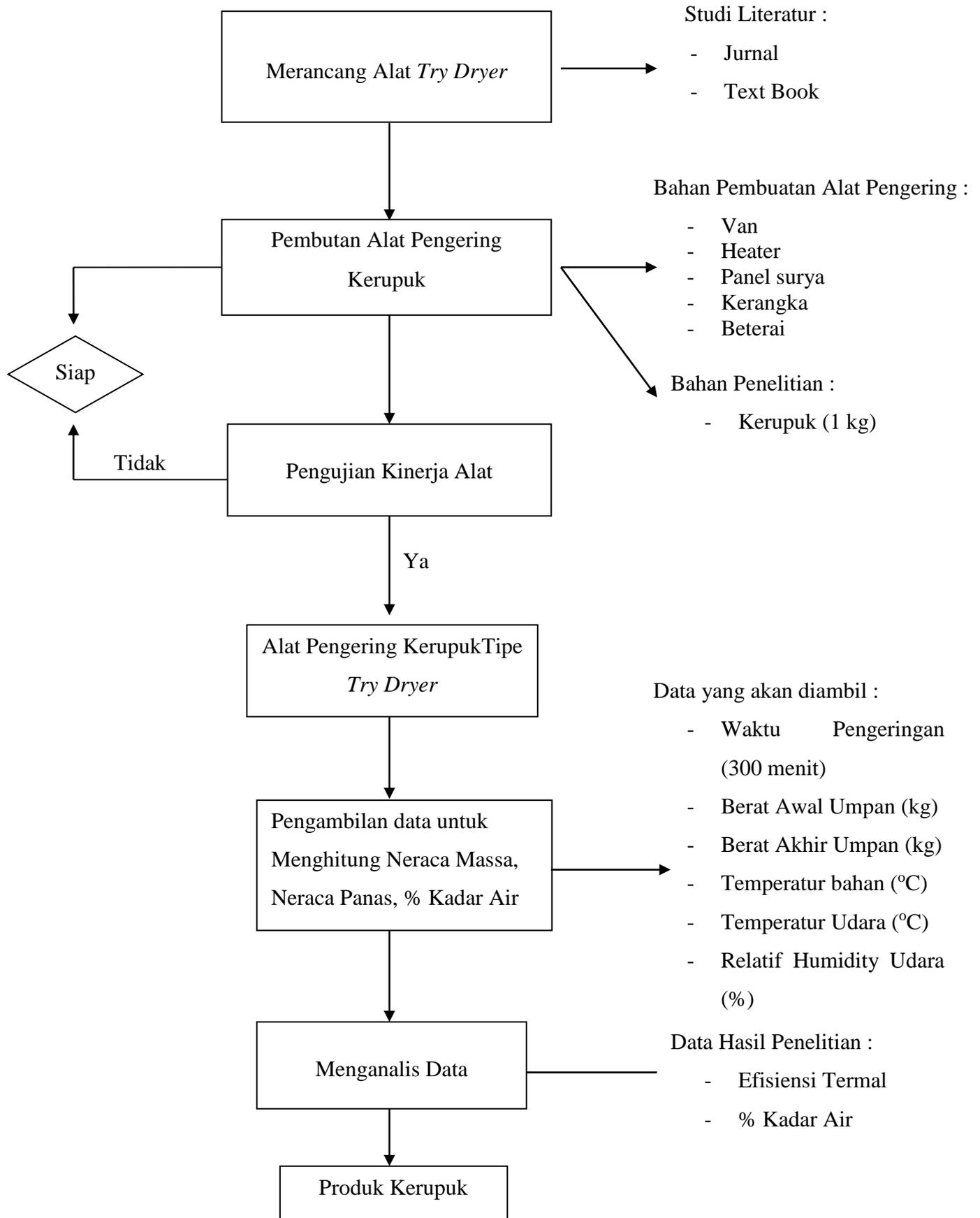
Berikut ini adalah prosedur penelitian yang akan dilakukan:

3.6.1 Prosedur pengoperasian alat pengering

1. Menyalakan oven dengan menekan tombol on pada *control* panel.
2. Memanaskan oven dengan menekan tombol mengatur temperatur pada *control* panel.
3. Menunggu beberapa saat sampai suhu ruang pengeringan konstan.
4. Memasukkan kerupuk yang sudah ditimbang kedalam ruang pengering.

3.6.2 Prosedur Percobaan Untuk Proses Pengeringan Kerupuk

1. Menimbang berat total kerupuk awal sebelum pengeringan, serta mengambil sampel dan menimbang berat sampel tersebut
2. Mencatat humiditas, kecepatan laju alir awal sebelum memasukkan kemplang
3. Mengatur kecepatan udara 6 m/s
4. Memasukkan kerupuk kedalam oven dan mencatat humiditas, dan temperatur udara setiap 30 menit (sampai dengan 300 menit)
5. Mengeluarkan kerupuk dan menimbang berat sampel dan berat total kemplang
6. Mengulangi langkah 1-5 dengan kecepatan 7,8,9,10 m/s
7. Menghitung efisiensi termal dari data yang didapatkan
8. Menganalisis hasil yang didapatkan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Perhitungan dan Penelitian

Dalam penelitian ini telah dibuat suatu *prototype* pengering kemplang tipe *try dryer* dengan menggunakan sumber energi sel surya fotovoltaik. Alat ini terdiri dari 2 buah rak dengan dimensi 50 x 40 cm.

Sistem pemanasan pada pengering ini dilakukan secara tidak langsung, yaitu dengan memanfaatkan udara lingkungan yang dihisap *vent*, kemudian udara tersebut dihembuskan melalui pipa berdiameter 5 cm, kemudian udara tersebut akan dilewatkan pada plat heater, kemudian udara panas tersebut akan bersirkulasi di dalam oven.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi kecepatan udara pengering. Pengambilan dilakukan selama lima hari. Pada penelitian ini diperoleh data pengamatan berupa temperature kemplang masuk dan keluar, berat kemplang awal dan setelah pengeringan, kecepatan udara masuk dan keluar, temperatur udara masuk dan keluar serta % *relatif humidity* udara yang dapat dilihat pada *display panel control*. Data penelitian diambil pada tanggal 12, 15, 17, 19, 22 Juni 2019 di Laboratorium Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

Tabel 5. Data pengamatan

Laju alir udara (kg/jam)	Massa Bahan Baku (gr)		Temperatur Pengering (⁰ C)			RH (%)	
	Awal	Akhir	Masuk	Dalam	Keluar	Masuk	Keluar
48,38	809	701	32,35	41,36	34,2	57,18	63,45
56,41	810	699	34,63	43,29	32,58	55,62	62,38
64,47	803	625	35,05	41,47	32,29	52,82	60,27
72,53	803	596	35,5	42,98	32,81	54,73	60,91
80,59	809	594	34,19	43,99	34,98	53	55,91

Tabel 6. Data Hasil Perhitungan

Laju alir udara (kg/jam)	Massa H ₂ O menguap (gr)	Efisiensi (%)
48,38	108	57,16
56,41	111	68,98
64,47	178	73,27
72,53	207	78,12
80,59	215	80,4

Dari hasil data tersebut massa H₂O menguap dan efisiensi terbesar adalah pada laju alir udara 80,59 kg/jam yaitu sebesar 215 gr dan 80,4 %.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh laju alir udara terhadap massa H₂O yang menguap

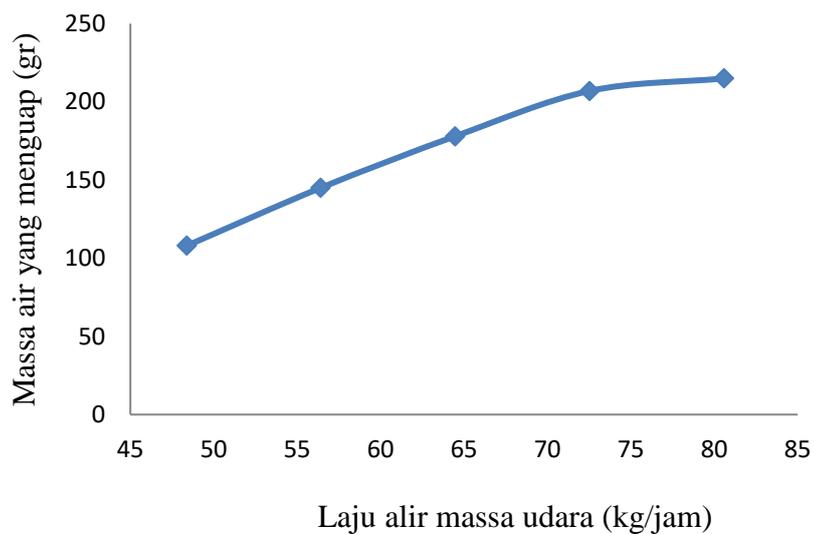
Massa H₂O yang menguap dari kerupuk merupakan suatu variabel penting yang dapat menentukan kinerja dari proses pengeringan. Pengeringan itu sendiri merupakan proses pemisahan sejumlah kecil air atau zat cair dari zat padat,. Bila suatu zat padat basah dikontakkan dengan udara yang kelembabannya (*humidity*) lebih rendah dari kandungan kebasahan (*moisture*) zat padat itu, maka zat padat tersebut akan melepaskan sebagian *moisture*-nya dan mengering sampai seimbang dengan udara.

Dalam proses pengeringan terjadi 2 proses utama yaitu perpindahan energi panas dari udara kering ke kerupuk dan perpindahan massa air di dalam kerupuk menuju ke udara. Perpindahan air (*moisture*) dari kerupuk ke udara melalui beberapa tahapan, mula – mula kerupuk memiliki kandungan air (*moisture*) di bagian dalam dan permukaannya, ketika kerupuk di kontakkan dengan udara panas maka *moisture* yang terdapat dibagian permukaan akan menguap sehingga kandungan *moisture* dibagian permukaan kerupuk akan berkurang, dengan begitu jumlah *moisture* dibagian permukaan lebih sedikit dibandingkan *moisture* di bagian dalam kerupuk, sehingga terjadi perpindahan *moisture* dari bagian dalam kerupuk menuju ke bagian permukaannya secara difusi. Difusi merupakan proses berpindahnya suatu zat yang terdapat dalam suatu bahan dari bagian konsentrasi tinggi menuju ke bagian konsentrasi rendah. (Geankoplis, 1993). Karena konsentrasi *moisture* di bagian dalam kerupuk lebih tinggi dibandingkan di bagian

permukaan kerupuk maka *moisture* tersebut akan berpindah dan terakumulasi di bagian permukaan kerupuk. Setelah itu *moisture* yang terakumulasi di bagian permukaan akan menguap dan dibawa oleh udara. Jumlah *moisture* yang dapat berpindah dari kerupuk ke udara tergantung dari massa udara dan kelembabannya. Semakin besar massa udara yang digunakan maka semakin banyak *moisture* yang dapat diangkut oleh udara tersebut dengan catatan bahwa kelembaban udara harus lebih rendah dari pada kelembaban kemplang, karena apabila kelembaban udara lebih tinggi dari pada kerupuk yang akan dikeringkan maka *moisture* tidak dapat berpindah ke udara tersebut, yang terjadi justru sebaliknya *moisture* yang ada di udara akan berpindah ke dalam kerupuk. Oleh sebab itu udara harus dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dipanaskan sebelum dilakukan proses pengeringan.

Udara memiliki kapasitas untuk menampung uap air didalamnya yang dinyatakan dengan *Relative Humidity* (RH). RH merupakan besar kandungan air di udara per jumlah air yang dapat ditampung oleh udara tersebut, yang berarti bahwa udara dapat menampung uap air dalam jumlah tertentu. Jika udara telah mencapai batasnya dalam menampung uap air maka akan terjadi proses saturasi. Proses saturasi merupakan kondisi dimana udara telah jenuh menampung uap air dengan kondisi RH 100%. Jika hal itu terjadi maka udara tersebut mengembun. Oleh karena itu udara kering yang digunakan dalam proses pengeringan harus dalam kondisi *steady – state* untuk mencegah terjadinya saturasi. (Geankoplis, 1993)

Hubungan laju alir udara pengering terhadap massa H₂O yang teruapkan pada bahan baku kerupuk dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 8. Grafik pengaruh laju alir udara terhadap massa H₂O yang menguap

Dari gambar 5. dapat dilihat bahwa semakin tinggi laju alir udara kering maka semakin banyak H₂O yang menguap. Hal ini dikarenakan semakin tinggi laju alir udara maka semakin banyak volume udara yang dapat mengangkut moisture yang menguap dari kerupuk. Moisture yang terkandung di dalam kerupuk berpindah secara bertahap. Ketika kerupuk dipanaskan moisture pada kerupuk akan bergerak dari bagian dalam ke permukaan kerupuk secara difusi dan kapilaritas, kemudian moisture yang terakumulasi di bagian permukaan akan menguap dan dibawa oleh udara kering. Dengan demikian udara menjadi suatu media berpindahnya moisture yang menguap dari kerupuk. Apabila volume udara yang disuplai terlalu kecil serta % *relative humidity* nya tinggi maka jumlah moisture yang dapat diangkut oleh udara tersebut sedikit dan dapat mengalami proses saturasi (Sotocinal, 1992) (keadaan dimana udara telah jenuh dengan uap air dan dapat mengalami pengembunan/ titik dew point).

4.2.2 Pengaruh laju alir udara terhadap Efisiensi Termal

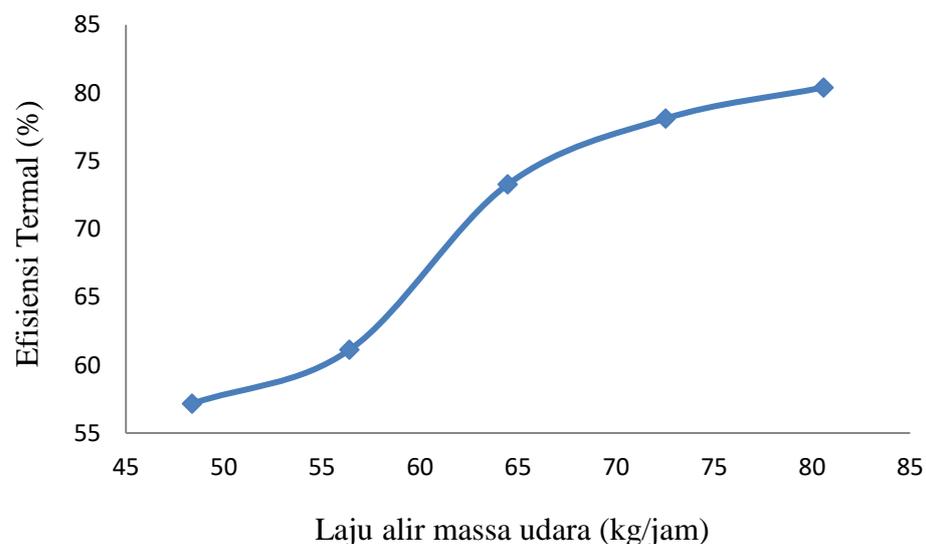
Efisiensi Termal menjadi suatu gambaran tentang bagaimana kinerja dari proses pengeringan yang dilakukan. Dalam termodinamika, efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi

yang didapatkan dari sumber energi. Output yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja, atau mungkin keduanya (Howell,1987).

Efisiensi Termal pada alat pengering sumber daya sel surya fotovoltaik ini didapatkan dengan membandingkan jumlah panas yang masuk yaitu berupa panas sensibel udara masuk dan panas sensibel kerupuk dengan panas yang termanfaatkan yaitu berupa panas penguapan air, panas sensibel udara keluar, dan panas sensibel kerupuk keluar.

Panas penguapan merupakan energi yang diperlukan untuk mengubah suatu kuantitas zat menjadi uap. Panas Penguapan dapat dipandang sebagai energi yang dibutuhkan untuk mengatasi interaksi antar molekul air, molekul air diikat oleh ikatan hidrogen, apabila diberi kalor (panas) ikatan hidrogen tersebut akan terputus sehingga air akan menguap. (Tipler, P.A.,1998)

Pengaruh laju alir udara terhadap efisiensi termal dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 9. Grafik pengaruh laju alir udara terhadap efisiensi termal

Dari gambar 6. dapat dilihat bahwa semakin tinggi laju alir udara maka semakin tinggi Efisiensi Termalnya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi laju alir maka semakin besar panas yang masuk yang disuplai di ruang pengering sehingga air yang menguap semakin banyak yang akan memperbesar dari panas penguapan air yang merupakan energi termanfaatkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin besar laju alir maka semakin banyak H₂O yang menguap, H₂O yang menguap terbesar pada laju alir udara 80,59 kg/jam yaitu sebesar 215 gr
2. Semakin besar laju alir maka semakin tinggi efisiensi termalnya , efisiensi tertinggi pada laju alir 10 m/s yaitu sebesar 80,4 %
3. Kadar air kerupuk yang dikeringkan telah memenuhi SNI maks 11 % yaitu sebesar 8,24 %

5.2 Saran

Untuk meningkatkan kinerja alat pengering kemplang dengan sumber daya sel surya fotovoltaik agar lebih optimal, penulis memberikan beberapa saran, yaitu :

1. Untuk udara kering suplai lebih baik menggunakan blower karena dapat memvariasikan kecepatannya lebih banyak tidak hanya maksimal sampai 10 m/s
2. Untuk Temperatur ruang oven lebih baik menggunakan blower heater dimana udara dipanaskan secara langsung oleh heater sehingga temperatur di oven akan lebih tinggi tidak hanya maksimal 49 °C sehingga dapat melakukan penelitian tentang pengaruh Temperatur terhadap proses pengeringan , karena temperatur merupakan salah satu faktor terpenting dalam proses pengeringan

DAFTAR PUSTAKA

- A. S. Mujumdar and A. S. Menon, "Drying of Solids: Principles, Classifications and Selection of Dryers," in *Handbook of Industrial Drying*, Second edition revised and expanded., vol. 1, 1. McGill University, Montreal, Quebec, Canada. 2. Mount Sinai Hospital, Toronto, Ontario, Canada.: Marcel Dekker, Inc., 1995.
- Braguy, S. et al., Fish Drying : An Adaptable Technology, Sustainable Fisheries Livelihoods Programme Bulletins, <http://www.sflp.org/eng/007/publ/131.htm>
- "El Paso Solar Energy Association." [Online]. Available: <http://www.epsea.org/dry.html>. [Accessed: 26 Maret 2019].
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Units Operations*. USA : Prentice Hall
- Himmellblau, David, dan James, B Riggs. 2004. "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering." In, 7 ed. New Jersey: Prentice Hall
- Howell, J.M., and Avolio, B.J. (1993). *Transformational Leadership, Transactional Leadership, Locus of Control, and Support for Innovation: Key Predictors of Consolidated-Business-Unit Performance*. *Journal of Applied Psychology*, 78 (6): 680-694.
- Irma. 2010. *Analisis Dasar Pada Proses Pengeringan*. Bandung : Erlangga
- Ismoyo, Wisnu. 2017. *Unjuk Kerja Alat Pengering Model AIT (Aisian Institute of Technology) Untuk Pengeringan Kerupuk*. Bandar Lampung
- J. C. Hollick, "Commercial scale solar drying," *Renewable Energy*, vol. 16, no. 1, pp. 714-719, 1999.
- Kho, Dickson. 2017(<http://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/> diakses pada tanggal 26 maret 2019)
- L. B. Rockland, "Food Technol.," no. 23, p. 1241, 1969.
- P. A., Tipler. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid – I*. Jakarta : Erlangga

- Perry, R.H. and Green, D.W., 1989, Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th edition, McGraw Hill Book Company, Singapore
- Samson. 1992. *Dasar – dasar dalam proses pengeringan*. Semarang : Dinas Pendidikan
- Samson A. Sotocinal, "Design and Testing of a Natural Convection Solar Fish Dryer," Master of Science, Macdonald Campus of McGill University, Montreal, Canada, 1992.
- Sharma. 1995. *Proses Pengeringan bahan pangan*. Jambi : Tiga Serangkai
- Sotocinal, Samson A, "Design and Testing of a Natural Convection Solar Fish Dryer," Master of Science, Macdonald Campus of McGill University, Montreal, Canada, 1992.
- Sumarno, Gatot. 2011. Studi Experimental Alat Pengering Kerupuk. Bentuk Limas Kapasitas 25 Kg Per Proses Dengan Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa Arang Kayu. *Jurnal Teknik Mesin*. Poltek Negeri Semarang. Semarang.
- Supriyono. 2003. *Mengukur Faktor – Faktor Dalam Proses Pengeringan*. Jakarta: Departemen Pendidikan Menengah Kejuruan
- V. K. Sharma, A. Colangelo, and G. Spagna, "Experimental investigation of different solar dryers suitable for fruit and vegetable drying," *Renewable Energy*, vol. 6, no. 4, pp. 413-424, Jun. 1995.
- Winarto. 1984. *Prinsip Proses Pengeringan*. Jakarta : Erlangga

LAMPIRAN I

DATA PENGAMATAN

SURAT VALIDASI DATA

Berikut ini merupakan data hasil penelitian dari mahasiswa dengan:

Nama : Muhammad Evit Kurniawan
NPM : 061540411894
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / D-IV Teknik Energi
Judul Laporan Akhir : PROTOTIPE PENGERING SEL SURYA FOTOVOLTAIK (Pengaruh laju alir terhadap Efisiensi Termal dalam Proses Pengeringan Kemplang)

di laboratorium Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya

KADAR AIR KEMPLANG

Tanggal	Berat sampel (gr)		Berar total kemplang (gr)		Temperatur Kemplang (°C)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	sebelum	sesudah
12/06/2019	26,87	21,71	809	701	24,8	34,2
15/05/2019	22,93	17,39	810	699	25,93	34,2
17/05/2019	27,17	22,55	803	625	24,56	34,1
19/05/2019	23,34	17,41	803	596	24,43	34,2
22/052019	20,61	15,66	809	594	24,38	34,4

PENGAMATAN PROSES PENGERINGAN

a. 12 Juni 2019

Waktu (menit)	Temperatur (°C)			Relatif Humidity (%)			Laju alir udara (m/s)	
	Masuk	Oven	Keluar	Masuk	Oven	keluar	Masuk	Keluar
0	32,2	38,1	34	73	63	72	6	3
30	32,5	40	33,9	65	50	62	6	2,9
60	31	40,2	35,4	60	52	60	6	3
90	33,4	41,5	34,9	58	49	62	6	3,1
120	32,4	42,6	33	56	45	64	6	3,2
150	32,6	42,5	34	56	44	61	6	2,8
180	32,5	42,1	34,6	54	43	62	6	3
210	31,5	41,7	34,8	54	44	63	6	3
240	33,3	41,3	35,5	52	41	65	6	3
270	33,6	42,6	34	50	40	64	6	3
300	32,1	42,4	32,1	51	41	63	6	3

LAMPIRAN II

PERHITUNGAN

PERHITUNGAN

DESAIN

1. Desain rak pengering

kapasitas produk dalam satu kali pengeringan = 1000 gr

berat satuan kerupuk = 25 gr

diameter kerupuk = 6 cm

jumlah kerupuk = $\frac{\text{kapasitas produk}}{\text{berat satuan kerupuk}}$

$$= \frac{1000 \text{ gr}}{25 \text{ gr}}$$

$$= 40 \text{ buah}$$

jumlah rak = 2 buah

jumlah kerupuk tiap rak = $\frac{\text{jumlah total kerupuk}}{\text{jumlah rak}}$

$$= \frac{40 \text{ buah}}{2 \text{ buah}}$$

$$= 20 \text{ buah}$$

$$= 6,7 \text{ buah}$$

Jumlah kerupuk tiap baris = 6 buah

ukuran sisi panjang rak = jumlah kerupuk tiap rak x diameter kerupuk

$$= 6 \text{ buah} \times 6 \text{ cm}$$

$$= 36,0 \sim 40 \text{ cm}$$

ukuran sisi lebar rak = $\frac{\text{jumlah kerupuk tiap rak}}{\text{jumlah kerupuk tiap baris}} \times \text{diameter kerupuk}$

$$= \frac{20 \text{ buah}}{6 \text{ buah}} \times 6 \text{ cm}$$

$$= 20 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi rak pengering = 40 cm x 20 cm

2. Desain Pengering

a. Jarak Antar Rak

Karena akan dibuat desain rak yang dapat bergerak saat proses pengeringan berlangsung, maka estimasi kemiringan rak adalah : 45°

Maka jarak antar rak adalah = $\sqrt{(\text{sisi miring rak})^2 - (\text{lebar rak})^2}$

$$= \sqrt{14,1421^2 - (10)^2}$$

$$= \sqrt{100}$$

$$= 10 \text{ cm}$$

b. Jarak Rak Bawah ke Bagian Dasar Pengering

Karena terdapat kipas dan pemanas

Dimensi pemanas = 20 cm x 10 cm

Dimensi kipas = 5 cm x 5 cm

Estimasi jarak pemanas ke rak pertama = 10 cm

Estimasi jarak rak kedua ke kipas bagian atas = 10 cm

c. Tinggi Pengering

$$\begin{aligned} \text{Maka tinggi pengering adalah} &= \text{jarak antar rak} + \text{jarak antar rak} \\ &\quad \text{bawah ke pemanas} + \text{jarak pemanas} \\ &\quad \text{ke bagian dsar pengering} + \text{jarak rak} \\ &\quad \text{atas ke cerobong} \\ &= 10 \text{ cm} + 10 \text{ cm} + 10 \text{ cm} + 20 \text{ cm} \\ &= 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

d. Panjang Pengering

Dimensi motor penggerak = 20 cm x 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Panjang Pengering} &= \text{panjang rak} + \text{lebar motor} \\ &= 40 \text{ cm} + 10 \text{ cm} \\ &= 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

e. Lebar Pengering

Estimasi jarak sensor temperatur dan humiditas pengering ke rak = 10 cm

Estimasi jarak rak ke pintu pengering = 10 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar Pengering} &= \text{lebar rak} + \text{jarak rak ke pintu} \\ &\quad \text{Pengering} + \text{jarak sensor temperatur} \\ &\quad \text{dan humiditas pengering ke rak} \\ &= 20 \text{ cm} + 10 \text{ cm} + 10 \text{ cm} \\ &= 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

3. Total beban daya

Berikut ini perhitungan beban daya yang diperlukan :

a. Heater blower

Jumlah	= 6 buah
Daya	= 100 watt
Total Daya	= 600 watt

b. Motor listrik

Jumlah	= 1 buah
Daya	= 5 watt
Total Daya	= 5 watt

c. Selenoid valve

Jumlah	= 1 watt
Daya	= 6,5 watt
Total Daya	= 6,5 watt

d. Fan

Jumlah	= 1 watt
Daya	= 14 watt
Total Daya	= 14 watt

Total beban daya	= (600 + 5 + 6,5 + 14) watt
	= 625,5 watt

4. Kapasitas Baterai

Diketahui :

$$V = 12 \text{ volt}$$

$$I = 70 \text{ A}$$

Ditanya :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 12 \text{ volt} \times 70 \text{ A} \\ &= 840 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\text{Total beban daya} = 625,5 \text{ watt}$$

$$\text{Jumlah baterai 2 buah, maka} = 840 \text{ watt} \times 2$$

$$= 1680 \text{ watt}$$

$$\text{Penggunaan Baterai} = \frac{\text{total daya baterai}}{\text{beban total daya}}$$

$$= \frac{1680 \text{ watt}}{625,5 \text{ watt}}$$

$$= 2,68 \text{ jam} \sim 3 \text{ jam}$$

5. Daya input panel

Dalam panel surya 100 wp menghasilkan daya sebesar 100 watt dalam 1 jam. Dalam 1 diperkirakan 5 jam matahari terik (09.00 - 14.00).

$$\begin{aligned}\text{Daya Input Panel} &= 100 \text{ watt} \times 5 \text{ jam} \\ &= 500 \text{ watt/jam}\end{aligned}$$

Jumlah modul yang dibutuhkan dapat dihitung dengan cara :

$$\begin{aligned}&= \text{jumlah watt yang dibutuhkan} / \text{daya modul} / \text{waktu penyinaran} \\ &= 625,5 \text{ watt} / 100 \text{ watt} / 5 \text{ jam} \\ &= 1,25 \sim 2 \text{ modul}\end{aligned}$$

PERHITUNGAN NERACA MASSA

1. Menghitung kadar air awal bahan

Berat cawan	= 35 gr
Berat Sampel basah + cawan	= 57,97 gr
Berat sampel kering + cawan	= 52,42 gr
Sampel basah (m_1)	= 22,97 gr
Sampel kering (m_2)	= 17,42 gr

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{m_2 - m_1}{m_2} \times 100\% \\ &= \frac{22,97 \text{ gr} - 17,42 \text{ gr}}{17,42 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 31,88 \% \end{aligned}$$

2. Menghitung kadar air setelah pengeringan

Waktu Pengeringan	= 5 jam
Berat total kerupuk basah (m_1)	= 803 gr
Berat total kerupuk kering (m_2)	= 625 gr
Berat awal air pada kemplang (m_3)	= 31,88 % x 803 gr = 256,84

gr

Berat air yang menguap dalam kemplang (m_4)

$$m_4 = m_1 - m_2 = 803 \text{ gr} - 625 \text{ gr} = 178 \text{ gr}$$

Berat air setelah pengeringan (m_5)

$$m_5 = m_3 - m_4 = 256,8 \text{ gr} - 178 \text{ gr} = 77,8 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air setelah pengeringan} &= \frac{m_5}{m_2} \times 100\% \\ &= \frac{77,84 \text{ gr}}{625 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 12,45 \% \end{aligned}$$

3. Menghitung luas penampang masuk

$$\text{Diameter} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Laju udara masuk} = 8 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang } A_1 &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (0,05 \text{ m})^2 \\ &= 0,002 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. Menghitung debit aliran udara masuk

$$\begin{aligned} D_1 &= v_1 \times A_1 \\ &= 8 \text{ m/s} \times 0,002 \text{ m}^2 \\ &= 0,0157 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

5. Menghitung massa udara masuk

$$\begin{aligned} m \text{ udara} &= \frac{P.V.Bm \text{ udara}}{R.T} \\ &= \frac{1 \text{ atm. } 0,0157 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 28,97 \text{ gr/grmol}}{0,0821 \text{ atm.} \frac{\text{liter}}{\text{grmol}} \cdot \text{K. } 309,36 \text{ K}} \times \left| \frac{\text{dm}^3}{1000 \text{ m}^3} \right| \\ &\quad \left| \frac{1000 \text{ kg}}{\text{gr}} \right| \left| \frac{3600 \text{ s}}{\text{jam}} \right| \\ &= 64,47 \text{ kg/jam} \times 5 \text{ jam} \\ &= 322,34 \text{ kg} \\ m \text{ H}_2\text{O} &= m \text{ udara} \times H \\ &= 322,34 \text{ kg} \times 0,0188 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering} \\ &= 7,1883 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ udara kering} &= m \text{ udara} - m \text{ H}_2\text{O} \\ &= 322,34 \text{ kg} - 7,1883 \text{ kg} \\ &= 315,1563 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Menghitung luas penampang keluar

$$\text{Diameter} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Laju udara masuk} = 4,6 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampangan } A_2 &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\
 &= \frac{3,14}{4} \times (0,05 \text{ m})^2 \\
 &= 0,002 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

7. Menghitung debit aliran udara keluar

$$\begin{aligned}
 D_2 &= v_2 \times A_2 \\
 &= 4,6 \text{ m/s} \times 0,002 \text{ m}^2 \\
 &= 0,009 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

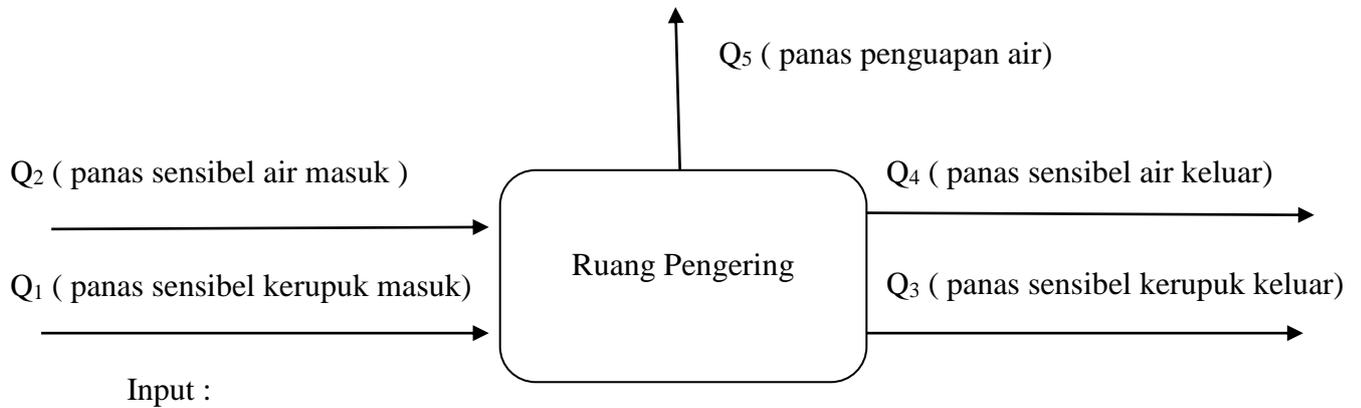
8. Menghitung massa udara keluar

$$\begin{aligned}
 m \text{ udara} &= \frac{P.V.Bm \text{ udara}}{R.T} \\
 &= \frac{1 \text{ atm. } 0,009 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 28,97 \text{ gr/grmol}}{0,0821 \text{ atm.} \frac{\text{liter}}{\text{grmol}} \cdot \text{K. } 304,75 \text{ K}} \times \left| \frac{\text{dm}^3}{1000 \text{ m}^3} \right| \\
 &\quad \left| \frac{1000 \text{ kg}}{\text{gr}} \right| \left| \frac{3600 \text{ kg}}{\text{jam}} \right| \\
 &= 37,07 \text{ kg/jam} \times 5 \text{ jam} \\
 &= 185,3481 \text{ kg} \\
 m \text{ H}_2\text{O} &= m \text{ udara} \times H \\
 &= 185,35 \text{ kg} \times 0,0223 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering} \\
 &= 3,4845 \text{ kg} \\
 m \text{ udara kering} &= m \text{ udara} - m \text{ H}_2\text{O} \\
 &= 185,35 \text{ kg} - 3,4845 \text{ kg} \\
 &= 181,8636 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Kemplang	0,5472	0,5472
Air di kemplang	0,2558	0,0778
Air yang menguap		0,178
Udara kering	315,1563	185,3481
H ₂ O di udara	7,1883	3,4845
Sisa udara		27,3993
Total	323,1476	323,1476

PERHITUNGAN NERACA ENERGI



1. Panas udara masuk (Q₁)

$$T_{\text{reff}} = 30^{\circ} \text{ C} = 303,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{in}} = 35^{\circ} \text{ C} = 308,15 \text{ K}$$

$$\text{massa udara masuk} = 315,1563 \text{ kg}$$

$$\text{Mol udara masuk} = 10,9164 \text{ kmol}$$

cp udara

$$a = 6,386$$

$$b = 1,762 \times 10^{-3}$$

$$c = -0,2656 \times 10^{-6}$$

$$c_p = a + \frac{b}{2}(T_2 - T_1) + \frac{c}{3}(T_2^2 + T_2 \cdot T_1 + T_1^2)$$

$$= 6,39 \text{ kkal/kmol.K}$$

$$Q_1 = n \times c_p \times T$$

$$= 10,9164 \text{ kmol} \times 6,39 \text{ kkal/kmol.K} \times (308,15 - 303,15) \text{ K}$$

$$= 68,81 \text{ kkal} \left| \frac{4,184 \text{ kJ}}{\text{kkal}} \right|$$

$$= 1460,3837 \text{ kJ}$$

2. Panas sensibel kerupuk masuk (Q_2)

$$\begin{aligned}
 \text{Massa kemplang} &= 0,803 \text{ kg} \\
 \text{Temperatur} &= 25,93 \text{ }^\circ\text{C} = 299,08 \text{ K} \\
 \text{T reference} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K} \\
 \text{Cp Kerupuk} &= 4,1868 (0,008 \times M_o + 0,2) \quad (\text{Sumarno,2013}) \\
 &= 4,1868 (0,008 \times 0,3188 + 0,2) \\
 &= 0,848 \text{ kJ/kg.K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= m \cdot cp \cdot (T - T_{\text{ref}}) \\
 &= 0,803 \text{ kg} \cdot 0,848 \text{ kJ/kg.K} \cdot (303,15 - 299,08) \text{ K} \\
 &= 2,7715 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Output :

1. Panas sensibel udara keluar (Q_3)

$$\begin{aligned}
 T_{\text{ref}} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K} \\
 T_{\text{out}} &= 34,4 \text{ }^\circ\text{C} = 307,55 \text{ K} \\
 \text{Massa udara keluar} &= 36,3727 \text{ kg} \\
 \text{Mol udara keluar} &= 1,2599 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

cp udara

$$\begin{aligned}
 a &= 6,386 \\
 b &= 1,762 \times 10^{-3} \\
 c &= -0,2656 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 cp &= a + \frac{b}{2}(T_2 - T_1) + \frac{c}{3}(T_2^2 + T_2 \cdot T_1 + T_1^2) \\
 &= 6,39 \text{ kkal/kmol.K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= n \times cp \times T \\
 &= 1,2599 \text{ kmol} \times 6,39 \text{ kkal/kmol.K} \times (307,55 - 303,15) \text{ K} \\
 &= 35,44 \text{ kkal} \left| \frac{4,184 \text{ kJ}}{\text{kkal}} \right| \\
 &= 741,4789 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

2. Panas sensibel kerupuk keluar (Q_3)

$$\begin{aligned}
 \text{Massa kemplang} &= 0,625 \text{ kg} \\
 \text{Temperatur} &= 34,2 \text{ } ^\circ\text{C} = 307,35 \text{ K} \\
 \text{T reference} &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K} \\
 \text{Cp Kerupuk} &= 4,1868 (0,008 \times M_o + 0,2) \text{ (Sumarno,2013)} \\
 &= 4,1868 (0,008 \times 0,1245 + 0,2) \\
 &= 0,841 \text{ kJ/kg.K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= m \cdot cp \cdot (T - T_{\text{ref}}) \\
 &= 0,625 \text{ kg} \cdot 0,841 \text{ kJ/kg.K} \cdot (307,35 - 303,15) \text{ K} \\
 &= 2,2086 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

3. Panas penguapan air (Q_4)

$$\begin{aligned}
 \text{T ruang pengering} &= 42,05 \text{ } ^\circ\text{C} = 567,31 \text{ } ^\circ\text{R} \\
 \text{Tc} &= 1165,1 \text{ } ^\circ\text{R} \text{ (Hougen hal. 279)} \\
 \text{massa air} &= 178 \text{ gr} = 0,178 \text{ kg} \\
 \text{mol air} &= 0,0099 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tr} &= \frac{T}{T_c} \\
 &= \frac{567,31}{1165,1} \\
 &= 0,4869
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda' &= \lambda'_1 + \left(\frac{\text{Tr} - \text{Tr}_1}{\text{Tr}_2 - \text{Tr}_1} \right) (\lambda'_2 - \lambda'_1) \\
 &= 18700 + \left(\frac{0,49 - 0,48}{0,5 - 0,48} \right) (18460 - 18700) \\
 &= 18617,01 \text{ Btu/lbmole} \left| \frac{1,06 \text{ kJ}}{\text{btu}} \right| \left| \frac{\text{lbmol}}{0,45 \text{ kmol}} \right| \\
 &= 43505,35 \text{ kJ/kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_5 &= n \times \lambda' \\
 &= 0,0099 \text{ kmol} \times 43505,35 \text{ kJ/kmol} \\
 &= 430,2196 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_6 \text{ (Losses)} &= (Q_1 + Q_2) - (Q_3 + Q_4 + Q_5) \\
 &= 371,8354 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Komponen	Input (kj)	Output (kj)
Q1	1460,3873	
Q2	2,7715	
Q3		741,4789
Q4		2,2086
Q5		430,2196
Q6		371,8354
Total	1463,1586	1463,1586

$$\begin{aligned}\text{efisiensi termal} &= \frac{Q3+Q4+Q5}{Q1+Q2} \times 100 \% \\ &= 73,27 \%\end{aligned}$$

LAMPIRAN III

DOKUMENTASI

DOKUMENTASI KEGIATAN



Gambar 10. Pengeringan Manual Bahan Baku Kerupuk di 3 – 4 Ulu Palembang



Gambar 12. Observasi Bahan Baku Kerupuk Dan Tekwan



Gambar 11. Menimbang kerupuk sebelum pengeringan



Gambar 13. Meletakkan Kemplang ke dalam Oven



Gambar 14. Mengeluarkan Kemplang dalam Oven



Gambar 15. Menimbang Kemplang setelah pengeringan

GAMBAR ALAT



Gambar 16. Kompor Gas dan Control Panel



Gambar 18. Alat Pengering



Gambar 17. Bagian dalam oven



Gambar 19. Pipa udara masuk



Gambar 20. Bagian atas oven



Gambar 21. Bagian Belakang Oven



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139

Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id



LAMPIRAN IV

SURAT - SURAT



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

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id



KESEPAKATAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR (LA)

Kami yang bertanda tangan di bawah ini,

Pihak Pertama

Nama : Muhammad Evit Kurniawan
NIM : 061540411894
Jurusan : Teknik Kimia
Program Studi : D4 Teknik Energi

Pihak Kedua

Nama : Dr. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NIP : 197110231994031002
Jurusan : Teknik Kimia
Program Studi : D4 Teknik Energi

Pada hari ini tanggal telah sepakat untuk melakukan konsultasi bimbingan Laporan Akhir.

Konsultasi bimbingan sekurang-kurangnya 1 (satu) kali dalam satu minggu. Pelaksanaan bimbingan pada setiap hari pukul, tempat di Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikianlah kesepakatan ini dibuat dengan penuh kesadaran guna kelancaran penyelesaian Laporan Akhir.

Pihak Pertama,

(Muhammad Evit
Kurniawan)
NPM. 061540411894

Palembang, Maret 2019

Pihak Kedua,

(Dr. Yohandri Bow,
S.T.,M.S.)
NIDN. 0023107103

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana
Terapan (DIV) Teknik Energi

(Ir. Arizal Aswan, M.T.)
NIP.195804241993031001



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

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id



KESEPAKATAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR (LA)

Kami yang bertanda tangan di bawah ini,

Pihak Pertama

Nama : Muhammad Evit Kurniawan
NIM : 061540411894
Jurusan : Teknik Kimia
Program Studi : D4 Teknik Energi

Pihak Kedua

Nama : Ir. Sahrul Effendy, M.T.
NIP : 196312231996011001
Jurusan : Teknik Kimia
Program Studi : D4 Teknik Energi

Pada hari ini tanggal telah sepakat untuk melakukan konsultasi bimbingan Laporan Akhir.

Konsultasi bimbingan sekurang-kurangnya 1 (satu) kali dalam satu minggu. Pelaksanaan bimbingan pada setiap hari pukul, tempat di Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikianlah kesepakatan ini dibuat dengan penuh kesadaran guna kelancaran penyelesaian Laporan Akhir.

Pihak Pertama,

Muhammad Evit
Kurniawan
NPM. 061540411894

Palembang, Maret 2019

Pihak Kedua,

Ir. Sahrul Effendy, M.T.

NIDN. 0023126309

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana
Terapan (DIV) Teknik Energi

Ir. Arizal Aswan, M.T.
NIP.195804241993031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139

Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id





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

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Evit Kurniawan

NPM : 0615 4041 1563

Judul :

Pembimbing I : Dr. Yohandri Bow,S.T.,M.S

No	Tanggal	Materi/Topik	Paraf	Keterangan
1.			1)	
2.			2)	
3.			3)	
4.			4)	
5.			5)	
6.			6)	
7.			7)	
8.			8)	
9.			9)	
10.			(10)	
11.			(11)	
12.			(12)	
13.			(13)	
14.			(14)	
15.			(15)	

Ketua Program Studi
(DIV) Teknik Energi

Ir. Arizal Aswan, M.T.
NIP195804241993031001



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

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Evit Kurniawan

NPM : 0615 4041 1563

Judul :

Pembimbing II : Ir. Sahrul Effemdy A, M.T

No	Tanggal	Materi/Topik	Paraf	Keterangan
1.			1)	
2.			2)	
3.			3)	
4.			4)	
5.			5)	
6.			6)	
7.			7)	
8.			8)	
9.			9)	
10.			(10)	
11.			(11)	
12.			(12)	
13.			(13)	
14.			(14)	
15.			(15)	

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan (DIV)
Teknik Energi

Ir. Arizal Aswan, M.T.
NIP195804241993031001



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

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id



REKOMENDASI SEMINAR TUGAS AKHIR

Pembimbing Tugas Akhir memberikan rekomendasi kepada,

Nama : Muhammad Evit Kurniawan
NPM : 0615 4041 1894
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia/Teknik Energi
Judul Tugas Akhir : PROTOTIPE PENGERING SEL SURYA FOTOVOLTAIK
(Pengaruh Laju alir udara terhadap Efisiensi Termal dalam
Proses Pengeringan Kemplang)

Mahasiswa tersebut telah memenuhi persyaratan dan dapat mengikuti Seminar Proposal Tugas Akhir pada Tahun Akademik 2018/2019.

Pembimbing I, Palembang, Juli 2019
Pembimbing II,

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

Ir. Sahrul Effendy, M.T.
NIDN 0023126309

**SURAT KETERANGAN BEBAS PINJAMAN**

Nama : Muhammad Evit Kurniawan

NIM : 061540411894

Adalah benar telah bebas dari bon peralatan Laboratorium, Perpustakaan, dan Administrasi lainnya di Jurusan Teknik Kimia Prodi DIII Kimia, DIV Teknologi Kimia Industri dan DIV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

No	Nama	Teknisi	Jabatan Kepala Lab/kasie	Tanda Tangan
1	Tahdid, S. T., M.T.	-	Ka. Lab. Energi	.....
2	Ir. Muhammad Taufik, M.Si.	-	Ka. Lab. Analisis	.....
3	Ir. Robert Junaidi, M.T.	-	Ka. Lab. Rekayasa Proses	.....
4	Ibnu Hajar, S.T., M.T.	-	Ka. Lab. Mini Plant	.....
5	Ir. Erwana Dewi, M.Eng	M. Firdaus Fajriansyah	Lab. Mikrobiologi	.....
6	Ir. Sutini Pujiastuti L, M.T.	M. Firdaus Fajriansyah	Lab. Instrumen dan Kontrol	.....
7	Idha Silviyati, S.T., M.T.	Agus Sutriono, S.E.	Lab. Satuan Proses 1/2	.....
8	Yuniar, S.T., M.T.	M. Firdaus Fajriansyah	Lab. Inst dan T. Pengukuran	.....
9	Hilwatullisan, S.T., M.T.	Yulisman, S. Kom	Lab. T. Pengolahan Limbah	.....
10	Ir. Sahrul Effendy, M.T.	Adi Gunawan	Lab. T. Pemanfaatan Batubara	.....
11	Ir. Selastia Yuliati, M.Si.	Agus Lukman H, S,T., M. Tr. T	Lab Satuan Operasi 1/2	.....
12	Agus Manggala, S.T., M.T.	Ahmad Bustomi, S.T.	Lab. Pilot Plant/ Analisis Sistem Termal	.....
13	Dr. Ir. H. M. Yerizam, M.T.	-	Lab. Komputasi	.....
14	Lety Trisnaliani, S.T., M.T.	Widodo	Lab. T. Konversi Energi	.....
15	Dr. H. Yohandri Bow, S.T., M.S	Agus Lukman H, S,T., M. Tr. T	Lab. Kimia Analitik Instrumen	.....
16	Ir. Aisyah Suci Ningsih, M.T.	Agus Sutriono, S.E.	Lab Kimia Organik	.....
17	Ir. Fatria, M.T.	Yulisman, S. Kom	Lab. Kimia Fisika	.....
18	Ir. K. A. Ridwan, M.T.	Widodo	Lab. Analisa Batubara	.....
19	Zurohaina, S.T., M.T.	Erniati Anzar, S. T., M. Tr. T.	Lab. Teknologi Bioenergi	.....
20	Indah Purnamasari, S.T., M.Eng	Widodo	Lab. T. Migas & Batubara	.....
21	Dr. Ir. A. Husaini, M.T., C.EIA.	Ahmad Bustomi, S.T.	Lab. Utilitas	.....
22	Endang S, , S. T., M.T.	Ranti, A. Md	Perpustakaan	.....
23	Bainoni, S.E.	-	Adm. Jurusan	.....
24	Relin Susanti	-	Adm. Jurusan	.....
25	Bambang J, A. Md.	-	Adm. Jurusan	.....
26	Noer Wiridya K, S. E.	-	Adm. Jurusan	.....

Palembang, Juli 2019
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Adi Syakdani, S.T., M.T.

NIP. 196004111992031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139

Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id

