



BAB II

TINJUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

Singkong memiliki berbagai macam manfaat dalam bidang industri pangan, salah satunya singkong digunakan sebagai bahan baku proses produksi tiwul. Tiwul merupakan produk pangan pokok berbahan tepung singkong. Tiwul memiliki karakteristik berbentuk butiran kuning kecoklatan dengan tekstur pulen semi basah dan agak menggumpal. Selain itu, tiwul juga memiliki cita rasa yang unik serta aroma singkong yang kuat. Sebagai sumber makanan tiwul yang dibuat dari singkong tanpa penambahan bahan lain mengandung protein 1,65 %; lemak 0,45 %; kadar abu 1,50 %; serat kasar 1,63 % dan air 10% (Suardi dan Suardjo, 2006). Tiwul juga diketahui memiliki kandungan serat yang cukup tinggi namun kandungan kalornya lebih rendah dibandingkan nasi beras, hal tersebut menyebabkan tiwul memiliki efek menahan lapar relatif lebih lama.

Seiring dengan perkembangan zaman, pengaruh globalisasi, serta perubahan gaya hidup masyarakat modern, makanan tradisional seperti tiwul mulai ditinggalkan karena dianggap kurang menarik dan terkesan ketinggalan zaman. Selain itu, proses pembuatan tiwul secara tradisional memerlukan waktu yang cukup lama. Rasa tiwul yang dihasilkan juga kurang bervariasi dan umur simpan yang pendek (cepat basi) juga menjadi faktor tiwul kurang diminati. Faktor-faktor tersebut menyebabkan tiwul semakin tersisihkan dan tergantikan oleh makanan-makanan modern. Upaya yang dapat dilakukan untuk menambah daya tarik masyarakat terhadap tiwul adalah dengan membuat produk tiwul instan. Tiwul instan memiliki keunggulan yaitu praktis dan memiliki umur simpan yang tahan lama. Kadar air tiwul instan rendah dibanding tiwul biasa sehingga umur simpannya lebih lama (Rukmini dkk, 2015). Oleh karena itu, industri rumahan CV. Riang Java Food melakukan terobosan produksi olahan hasil singkong berupa tiwul instan yang memiliki kapasitas produksi sebesar 150 kg/hari.



Saat ini proses produksi masih dilakukan dengan menggunakan metode tradisional yang mana semua proses produksi masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan alat agar dapat memaksimalkan proses produksi tiwul instan dan dapat meningkatkan kapasitas produksi. Beberapa alat yang diperlukan pengembangan yaitu *dryer* (pengering) dan *disk mill* (penggiling).

Proses produksi tiwul instan di CV. Riang Java Food dimulai dari proses pengeringan singkong yang didapat dari warga sekitar selama kurang lebih 5 hari menggunakan sinar matahari, kemudian dilanjutkan proses penepungan singkong kering menjadi tepung singkong menggunakan *disk mill*. Selanjutnya dilakukan proses pencampuran tepung singkong, gula merah atau gula putih, garam, air sampai homogen. Hasil pencampuran semua bahan disebut tiwul. Setelah itu, tiwul dikukus menggunakan *steamer* selama kurang lebih 2 jam. Kemudian pengeringan pada suhu ruang dan dilakukan penggilingan tiwul menjadi granul agar didapatkan ukuran tiwul yang seragam. Setelah diseragamkan ukurannya, tiwul tersebut dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* selama 6 jam atau dikeringkan menggunakan sinar matahari selama kurang lebih 2 hari. Setelah itu, tiwul yang telah kering dilakukan pengemasan.

II.2 Uraian Tugas Khusus

Dalam pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan di CV. Riang Java Food, kami menargetkan untuk dapat mengetahui dan merancang *disk mill* dan *cyclone* sebagai salah satu alat yang digunakan dalam produksi di CV. Riang Java Food.

II.2.1 *Disk Mill*

Mesin penepung yang paling banyak digunakan untuk bahan yang berbentuk umbi-umbian adalah mesin penepung tipe bergigi (*disk mill*). *Disk mill* merupakan suatu alat penepung yang berfungsi untuk menggiling bahan sereal menjadi tepung. Mesin penepung *disk mill* cenderung lebih efektif jika digunakan pada material yang kering. Namun, *disk mill* lebih banyak digunakan untuk menepungkan bahan yang sedikit mengandung serat dengan sistem tekanan dan



gesekan antara dua piringan yang satu berputar dan yang lainnya tetap. Beberapa keunggulan mesin penepung tipe *disk mill* antara lain: hasil giling relatif homogen, tenaga yang dibutuhkan lebih rendah, dan lebih mudah menyesuaikan diri dengan perbedaan ukuran bahan baku (Marlisa, 2020).

Mesin penepung singkong pada unit produksi tiwul instan CV. Riang Java Food dirancang untuk membuat tepung dari singkong yang sudah dikeringkan dengan menggunakan pisau yang berputar. Mesin penepung ini merupakan mesin modifikasi dari mesin penepung yang sudah ada. Penggunaan mesin *disk mill* ini diharapkan dapat membantu dalam proses pembuatan tepung singkong sebagai bahan baku produksi tiwul instan agar lebih efisien. Selain itu, adanya mesin ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas produksi tiwul instan di CV. Riang Java Food.

Perancangan yang akan dilakukan meliputi rancangan bagian utama mesin, rancangan bentuk dan dimensi, ukuran-ukuran utama dari alat penggiling yang ditetapkan berdasarkan beberapa pertimbangan diantaranya kemudahan dalam pengoperasian, bahan teknik yang tersedia dan kekuatan bahan yang digunakan. Bagian utama mesin adalah bagian yang sangat penting dalam mendukung fungsi mesin. Alat penggiling tipe *disk mill* memiliki bagian utama mesin meliputi kerangka mesin, corong masuk, poros, piring penumbuk, saringan, dan corong keluar. Pada *disk mill* juga dilengkapi ruang sirkulasi udara yang berguna untuk mempermudah pemasukan bahan dan pengeluaran bahan dari cakram penggiling. Poros penggerak berfungsi untuk memutar silinder pengupas yang digerakkan oleh motor listrik dengan menggunakan *pulley* dan *belt* sebagai penyalur daya. Pada poros penggerak terdapat pengunci untuk mengatur jarak antar cakram (Marlisa, 2020)

Prinsip kerja alat penepung yang dirancang untuk menepung atau menghancurkan material atau chip singkong dalam ruang penepung terdiri dari tiga langkah kerja, yaitu: material yang telah dicacah kecil dan telah kering masuk dalam ruang penepung melalui *hopper* karena pengaruh gravitasi. Material yang sudah masuk kedalam mesin lalu dihaluskan menjadi tepung menggunakan



prinsip gesekan antara pisau dinamik dan pisau statik. Material yang masuk bertumbukan dengan sekumpulan *disk* yang melekat pada palang mesin yang berputar dengan kecepatan tinggi di dalam ruang penepung dan material itu dihancurkan oleh tumbukan *disk* yang berulang-ulang dan gesekan dengan dinding ruang penepung, serta material yang sudah dihancurkan atau dihaluskan turun ke bawah karena gravitasi melewati saringan atau ayakan yang selanjutnya menuju saluran pengeluaran (Junaidi, 2015). Mesin ini terdiri dari motor diesel yang dihubungkan ke *pulley* dan menggerakkan poros penggerak yang kemudian menggerakkan pisau sehingga dapat menghaluskan bahan baku.

II.2.1.1 Perancangan Kapasitas Produksi

CV. Riang Java Food memproduksi tiwul instan dari singkong kering atau gapek dengan kapasitas singkong (gapek) 500 kg/hari. Proses produksi di industri ini mulai pukul 07.30 - 12.00 WIB dilanjutkan 13.00 - 16.00 WIB, sehingga diperoleh waktu produksi selama 8 jam/hari, maka dapat dihitung kapasitas produksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi} &= \frac{\text{Kapasitas singkong atau gapek}}{t} \\ &= \frac{500 \text{ kg/hari}}{8 \text{ jam}} \\ &= 62,5 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Proses penepungan singkong kering atau gapek direncanakan menggunakan motor diesel tipe mesin pembakaran mesin diesel yang menggunakan solar. Hal ini dikarenakan penggunaan motor diesel dapat efisien dalam biaya jika dibandingkan dengan mesin yang menggunakan listrik dan ditinjau dari kapasitas produksi motor diesel lebih cocok. Motor diesel yang digunakan pada mesin pembuat tepung singkong ini menggunakan daya 8 HP dengan putaran 2600 rpm dan kapasitas mesin 100 kg/jam

II.2.1.2 Perancangan Elemen-Elemen Mesin

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian dalam proses pembuatan produk. Tahap perancangan elemen-elemen mesin *disk mill* meliputi



perancangan daya motor penggerak, poros, *pulley* dan sabuk, pasak, bantalan, kerangka mesin.

1. Perencanaan Daya Motor Penggerak

Daya yang besar mungkin diperlukan pada saat mulai proses atau mungkin beban yang terus bekerja setelah mulai proses. Oleh karena itu, seringkali diperlukan koreksi pada daya rata-rata yang diperlukan dengan menggunakan faktor koreksi pada perencanaan. Menurut Sularso, 1994 daya perencanaan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_d = f_c \times P$$

dimana : P_d : Daya rencana (W)

f_c : Koreksi daya

P : Daya motor (W)

Faktor koreksi dipilih berdasarkan tabel faktor koreksi menurut Sularso, 1994. Perancangan ini memilih factor koreksi berdasarkan daya normal sehingga dipilih faktor koreksi 1,1; maka diperoleh daya perencanaan :

$$P_d = f_c \times P$$

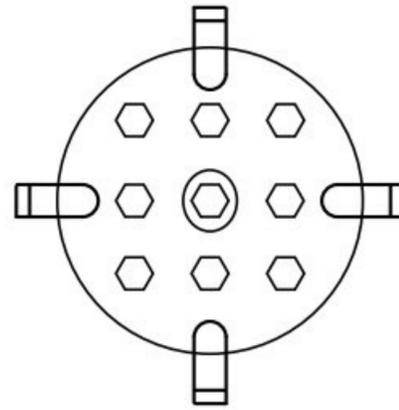
$$P_d = 1,1 \times 8 \text{ Hp}$$

$$P_d = 1,1 \times 5,968 \text{ kW} = 6,5648 \text{ kW}$$

Jadi $6,5648 \text{ kW} > 5,968 \text{ kW}$

2. Poros Penepung

Poros merupakan salah satu bagian elemen yang terpenting dari setiap mesin. Poros berfungsi meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran.



Gambar 6. Desain poros penepung

❖ Daya rencana poros

Daya yang besar mungkin diperlukan pada saat mulai proses atau mungkin beban yang terus bekerja setelah mulai proses. Oleh karena itu, seringkali diperlukan koreksi pada daya rata-rata yang diperlukan dengan menggunakan faktor koreksi pada perencanaan.

$$P_d = f_c \times P \quad (\text{Sularso, 1994})$$

Dimana : P_d : Daya rencana (W)

f_c : Koreksi daya

P : Daya motor (W)

Sehingga $P_d = f_c \times P$

$$= 1,2 \times 8 \text{ Hp}$$

$$= 1,2 \times 5,968 \text{ kW} = 6,5648 \text{ kW}$$

f_c : 1,1 dipilih berdasarkan tabel faktor koreksi daya normal yang diperlukan

Jadi $6,5648 \text{ kW} > 5,968 \text{ kW}$

❖ Torsi

Adanya daya dan putaran maka poros akan mendapat beban berupa momen rencana. Oleh karena itu dalam penentuan ukuran-ukuran utama poros akan dihitung berdasarkan beban rencana serta kemungkinan kejutan/tumbukan dalam pembebanan, seperti pada saat motor mulai berjalan. Jika momen rencana adalah T (Nmm)



maka besarnya torsi poros yang dikerjakan pada poros dapat dihitung sebagai berikut:

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{5,968 \text{ w}}{2600 \text{ rpm}} \quad (\text{Sularso, 1994})$$

Dimana : Pd : Daya motor (kW)

n : Putaran silinder (rpm)

T : Torsi (kg/mm)

$$\text{Sehingga } T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{5,968}{2600 \text{ rpm}} = 2235,705 \text{ kg/mm}$$

❖ Tegangan geser yang diizinkan

Tegangan geser yang diizinkan adalah tegangan maksimum yang boleh bekerja pada bahan agar bahan tersebut tidak mengalami deformasi plastis. Dalam perencanaan poros ini terdapat pemilihan bahan poros dengan kekuatan tarik tertentu, maka tegangan geser yang diizinkan dari bahan dapat diperoleh dari rumus:

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 Sf_2} \quad (\text{Sularso, 1994})$$

Dimana : τ_a : Tegangan geser yang diijinkan (N/mm^2)

σ_B : Kekuatan tarik (N/mm^2)

Sf_1 : Faktor koreksi

Sf_2 : Faktor koreksi akibat pengaruh konsentrasi tegangan

Bahan poros diperkirakan dari baja karbon S30C dengan kekuatan tarik (σ_B) = 48 kg/mm²

Sf_1 : 6,0 karena menggunakan baja paduan

Sf_2 : 1,3-3,0 dikarenakan pengaruh konsentrasi tegangan

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 Sf_2} = \frac{48 \text{ kg/mm}^2}{6 \times 2} = 4 \text{ kg/mm}^2$$

❖ Diameter poros

$$T = \frac{\pi}{16} \tau_a \quad (\text{Sularso, 1994})$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 T}{\pi \tau_a}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 2235,705 \text{ N/mm}^2}{\pi \times 4 \text{ kg/mm}^2}} = 14,175 \text{ mm}$$

❖ Tegangan geser

$$\tau_g = \frac{5,1 T}{d_s^3} \quad (\text{Sularso, 1994})$$

Dimana : τ_g : Tegangan geser (N/mm^2)

T : Momen puntir (Nmm)

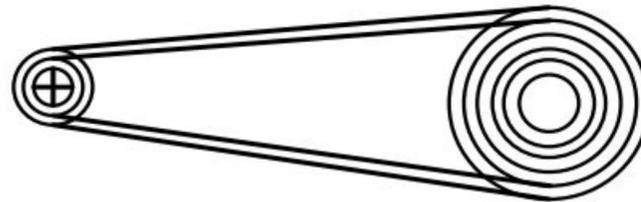
d_s : Diameter poros (mm)

$$\tau_g = \frac{5,1 \times 2235,705 \text{ N/mm}^2}{14,175 \text{ mm}^3} = 4,003 \text{ N/mm}^2$$

Jadi bahan konstruksi aman dikarenakan $\tau_g = \tau_a$

Sistem Transmisi

Sistem transmisi, dimana transmisi berfungsi untuk memindahkan daya dan putaran antara poros penggerak dan yang digerakan. Perancangan transmisi mesin penepung singkong diupayakan menggunakan komponen *standard* yang ada di pasar. Hal ini dimaksudkan untuk menekan biaya produksi sehingga harga dapat dijangkau untuk para produsen makanan.



Gambar 7. Sistem transmisi mesin

a. Sabuk

Sabuk digunakan untuk mentransmisikan daya motor ke bagian poros. Pemilihan sabuk dan puli dilakukan agar tidak terjadinya kehilangan gaya-gaya yang ditransmisikan. Adapun tipe sabuk antara lain :

- Sabuk rata (*Flat Belt*)

Sabuk yang digunakan untuk mentransmisikan daya yang sedang, jarak puli yang jauh dan tidak boleh lebih dari 10 meter.

- Sabuk V (*V-belt*)

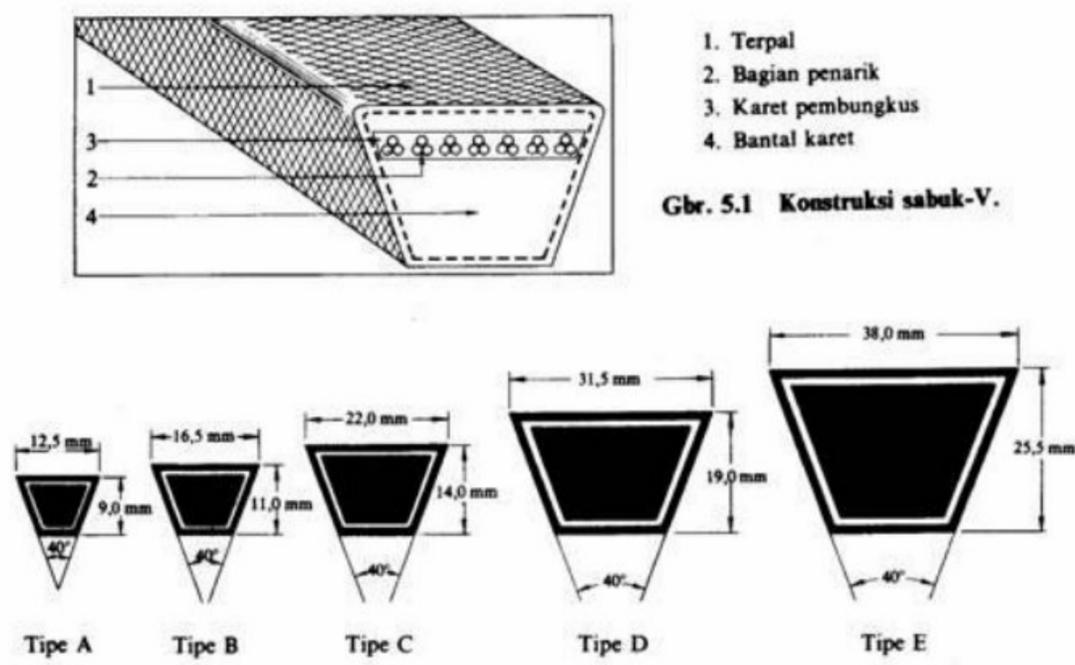
Sabuk yang digunakan untuk mentransmisikan daya dalam jumlah yang besar dan dengan jarak yang dekat antara satu puli dengan yang lainnya.

- Sabuk bulat (*Curcular belt*)

Sabuk yang digunakan untuk mentransmisikan daya dalam jumlah besar dan jarak puli satu dengan yang lain tidak boleh lebih dari meter.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sabuk V harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut : kuat, fleksibel, tahan lama, koefisien gesek tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka sabuk dapat dibedakan sebagai berikut: sabuk kulit (*Leather belt*), sabuk katun atau fiber (*Catton or fabrics belt*), dan sabuk karet (*Rubber belt*)

- ❖ Ukuran penampang sabuk



Gambar 8. Ukuran penampang sabuk

Jarak yang cukup jauh yang memisahkan antara dua buah poros mengakibatkan tidak mungkin menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi. Oleh karena itu, sabuk-V merupakan sebuah solusi yang dapat digunakan. Sabuk-V adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapezium. Dalam penggunaannya sabuk-V dibelitkan mengelilingi alur puli yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang



membelit pada puli akan mengalami lengkupan sehingga lebar bagian dalamnya akan besar (Sularso,1994)

Data motor penggerak diesel yang dipakai sebagai berikut:

Daya motor = 8 HP

Putaran mesin (n_2) = 2600 rpm

Jenis sabuk-V dipilih tipe A berdasarkan daya dan putaran mesin.

Sabuk V (*V-belt*) banyak digunakan pada pabrik dan bengkel-bengkel dimana daya yang ditransmisikan cukup besar dari satu *pulley* ke *pulley* yang lainnya.

b. *Pulley*

Pulley pada mesin berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari motor melalui sabuk ke poros dan untuk menyimpan tenaga agar silinder atau poros tetap berputar bila mendapat beban. Untuk mengetahui diameter puli digunakan rumus:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_p}{D_p} \quad (\text{Sularso, 1994})$$

Dimana : n_1 : Putaran poros penggerak (rpm)

n_2 : Putaran poros yang digerakkan (rpm)

d_p : Diameter puli penggerak (mm)

D_p : Diameter poros yang digerakkan (mm)

Dari tabel ukuran *pulley* motor penggerak, didapat diameter 3 in atau 7,62 cm. Diameter *pulley* pada penepung dengan putaran poros pada penepung sebesar 2000 rpm sebagai berikut

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_p}{D_p} \quad (\text{Sularso, 1994})$$

$$\begin{aligned} D_{\text{pulley penepung}} (D_1) &= \frac{n_1 \times D_p}{n_2} \\ &= \frac{2000 \text{ rpm} \times 3 \text{ in}}{2600 \text{ rpm}} \\ &= 2,3 \text{ in atau } 5,842 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jarak antar *pulley* pada sistem penepung adalah



$$\begin{aligned}C_{\text{penepung}} &= 3 (D_p + d_p) \\ &= 3 (3 \text{ in} + 2,3 \text{ in}) \\ &= 15,9 \text{ in} \text{ atau } 40,386 \text{ cm}\end{aligned}$$

Panjang keliling sabuk-V pada sistem penepung adalah

$$\begin{aligned}L_{\text{penepung}} &= 2 \times C_{\text{penepung}} + \frac{\pi}{2} (D_p + d_p) + \frac{1}{4C} (d_p - D_p)^2 \quad (\text{Basori, 2018}) \\ &= 2 \times 40,386 \text{ cm} + \frac{\pi}{2} (7,62 \text{ cm} + 5,842 \text{ cm}) + \frac{1}{4(40,386 \text{ cm})} (5,842 \text{ cm} - 7,62 \text{ cm})^2 \\ &= 80,772 \text{ cm} + 21,13534 \text{ cm} + 0,0196 \text{ cm} \\ &= 101,92964 \text{ cm} \text{ atau } 40,129 \text{ in}\end{aligned}$$

Mur dan Baut

Mur dan baut merupakan alat pengikat yang sangat penting pada mesin. Mur dan baut berfungsi adalah menyambung dua buah logam dan plat menjadi satu. Mur dan baut biasanya mempunyai ulir dengan penampang ulir segitiga dan trapesium. Ulir baut biasanya putarannya searah jarum jam. Apabila untuk mengencangkan mur dan baut diputar ke kanan dan untuk melepas diputar ke kiri. Baut umumnya mempunyai kepala segi empat atau segi enam untuk memasang atau membuka baut menggunakan kunci.

Pasak

Pasak (*key*) adalah sebuah elemen mesin berbentuk silindrik, balok kecil atau silindrik tirus yang berfungsi sebagai penahan elemen seperti puli, sprocket, roda gigi atau kopling pada poros. Jika pasak tidak terpasang dengan benar antara puli dengan poros maka kemungkinan akan terjadi slip di antara bagian yang berkontak. Keausan akan dialami oleh lubang puli bila terjadi slip. Untuk itu perlu perancangan pasak yang benar agar mendapatkan hasil yang optimal.

- ❖ Gaya tangensial



$$F = \frac{T}{d_s/2} \quad (\text{Sularso, 1994})$$

Dimana : F : Gaya tangensial pasak (N)

T : Torsi dari poros (Nmm)

d_s : Diameter poros terkecil (mm)

$$F = \frac{T}{d_s/2} = \frac{2235,705 \text{ kg/mm}^2}{14,175 \text{ mm}/2} = 315,4434 \text{ N}$$

❖ Lebar pasak dan tinggi pasak

Berdasarkan tabel ukuran pasak dari buku Elemen Mesin dengan diameter poros 14,175 mm diperoleh :

Lebar pasak (b) : 5 mm (Sularso, 1994)

Tinggi pasak (h) : 5mm (Sularso, 1994)

❖ Panjang pasak

$$l = \frac{\pi d_s^2}{8 b} \quad (\text{Basori, 2018})$$

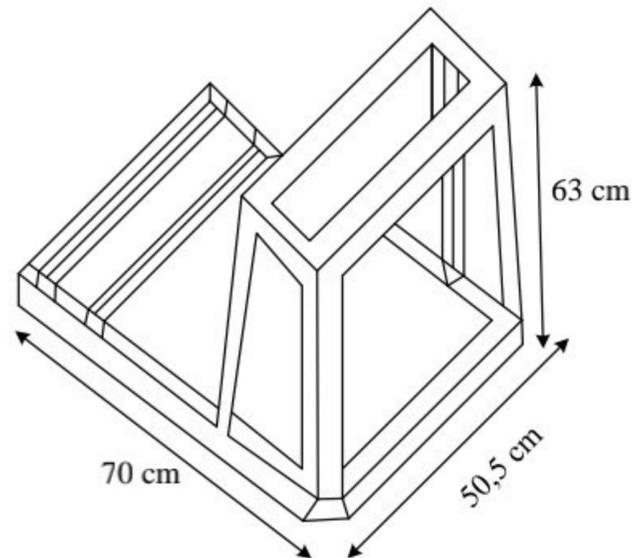
$$l = \frac{\pi \times 14,175 \text{ mm}^2}{8 \times 5 \text{ mm}} = 15,77 \text{ mm}$$

Bantalan

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar putaran dan gerakan bolak-balik poros dapat berlangsung secara halus, aman tanpa mengalami gesekan yang berlebihan serta berfungsi agar umur peralatan menjadi lebih lama. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik.

Kerangka

Bahan rangka utama menggunakan siku baja memiliki ukuran 4 x 4 cm KS. Bentuk rangka mendukung untuk dudukan motor diesel 8 Hp, corong pemasukan, corong pengeluaran dan ruang penggilingan.



Gambar 9. Kerangka

c. Hasil design

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Design *disk mill* berdasarkan hasil perhitungan

No	Nama	Spesifikasi
1	Dimensi	Panjang : 70 cm Lebar : 62 cm Tinggi : 133,5 cm
2.	Motor diesel	Daya : 8 HP Kecepatan putaran : 2600 rpm
3.	Kerangka	siku baja 4 x 4 cm KS
4.	Pulley	D_1 : 2,3 in atau 5,842 cm D_2 : 3 in atau 7,62 cm Keterangan D_1 : Diameter poros penepung



		D_2 : Diameter poros motor penggerak
5.	<i>Belt</i>	Sabuk-V tipe A L : 101,92964 cm atau 40,129 in C : 15,9 in atau 40,386 cm Keterangan L : Panjang keliling sabuk C : Jarak antar <i>pulley</i>

II.2.2 Cyclone

Cyclone merupakan bagian dari *disk mill* yang digunakan untuk memisahkan antara debu tepung dan tepung dari hasil penggilingan singkong kering di *disk mill*. Pemisahan tersebut bertujuan agar debu tepung tidak bertebaran lepas, dengan mengalirkan debu tepung ke bagian atas sedangkan tepung dialirkan ke bawah menuju penampung tepung. *Cyclone* yang digunakan di CV. Riang Java Food tidak menggunakan blower untuk mengalirkan tepung, dikarenakan tekanan udara yang diberikan oleh *disk mill* sudah cukup.

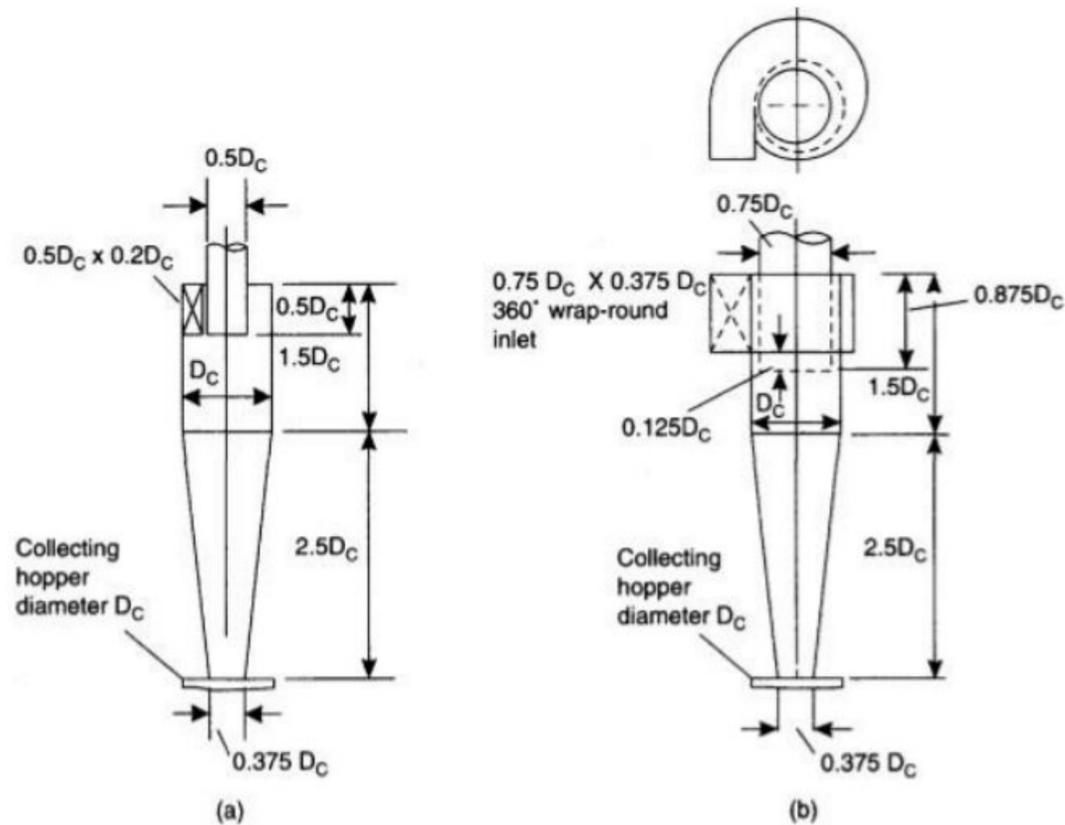
1. Prinsip Kerja *Cyclone*

Prinsip kerja alat ini adalah dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Pertama campuran gas-*solid* masuk lewat atas kemudian turun ke bawah dengan cara berputar menuju *conical section*, lalu campuran tersebut dengan cepat kembali berputar ke atas, partikel padatan yang kecil kemudian akan terpisah menuju ke bawah sementara gas akan terpisah ke bagian atas *cyclone* (Coulson, 1983).

2. Perancangan *cyclone*

Ada 2 standar *design* untuk gas-padat *cyclone* :

- a. *High efficiency cyclone*
- b. *High throughput design / high gas rate cyclone*



Gambar 10. Proporsional dimensi *cyclone*

(Sinnott,1989)

Asumsi yang digunakan dalam perhitungan alat :

ρ gas diperkirakan 1 kg/m^3

Ukuran debu tepung berkisar $20 \mu\text{m}$

Densitas partikel tepung : $1,15 \text{ g/ml} = 1150 \text{ kg/m}^3$

Flow rate gas = $15,1654 \text{ kg/s} = 15,1654 \text{ m}^3/\text{s}$

Dimensi *cyclone*

Cyclone bisa didesain dengan memberikan kecepatan *inlet* antara 9–27 m/s. Untuk kecepatan *inlet* optimum dapat menggunakan kecepatan sebesar 15 m/s, sehingga perancangan ini menggunakan *inlet velocity* = 15 m/s

$$\text{Area saluran inlet} = \frac{\text{Laju aliran gas}}{\text{Inlet velocity}} = \frac{15,1654 \text{ m}^3/\text{s}}{15 \text{ m/s}} = 1,011 \text{ m}^2$$

$$0.5D_c \times 0.2D_c = 1,011 \text{ m}^2$$

$$0,1 D_c^2 = 1,011 \text{ m}^2$$

$$D_c = \sqrt{\frac{1,011 \text{ m}^2}{0,1}} = 3,1796 \text{ m}$$

Setelah didapatkan diameter dari D_c yang dijadikan sebagai diameter *cyclone*, selanjutnya digunakan untuk mencari detail dimensi *cyclone*.

Diameter *cyclone* (D) = 3,1796 m

Diameter inlet (W) = $0,2 D_c = 0,2 (3,1796 \text{ m}) = 0,63592 \text{ m}$

Lebar inlet (H) = $0,5 D_c = 0,5 (3,1796 \text{ m}) = 1,5898 \text{ m}$

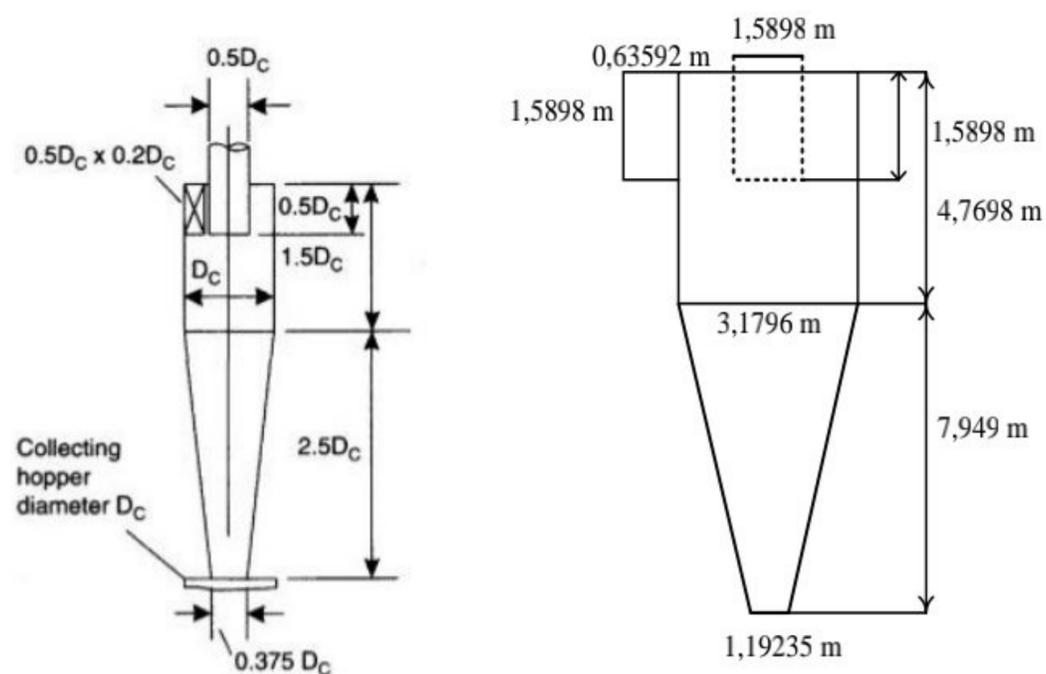
Diameter outlet udara (D_e) = $0,5 D_c = 0,5 (3,1796 \text{ m}) = 1,5898 \text{ m}$

Diameter outlet tepung (D_d) = $0,375 D_c = 0,375 (3,1796 \text{ m})$
= 1,19235 m

Panjang outlet tepung (L_b) = $1,5 D_c = 1,5 (3,1796 \text{ m}) = 4,7694 \text{ m}$

Panjang inlet (L_c) = $2,5 D_c = 2,5 (3,1796 \text{ m}) = 7,949 \text{ m}$

Panjang outlet udara (S) = $0,5 D_c = 0,5 (3,1796 \text{ m}) = 1,5898 \text{ m}$



Gambar 11. Desain dimensi *cyclone*

Scaling factor

Kurva performa *scaling factor* bertujuan untuk dijadikan acuan untuk membuat ukuran *cyclone* yang tidak sama dengan ukuran standar



dari Stairmand, dengan cara menggunakan *scaling factor*, berikut adalah *scaling* :

$$\frac{d_2}{d_1} = \left[\left(\frac{Dc_2}{Dc_1} \right)^3 \times \frac{Q_1}{Q_2} \times \frac{\Delta\rho_1}{\Delta\rho_2} \times \frac{\mu_2}{\mu_1} \right]^{1/2}$$

Dimana :

D_1 : Diameter partikel pada kondisi standar, sesuai efisiensi pemisahan

D_2 : Diameter partikel yang diketahui, pada efisiensi pemisahan yang sama

Dc_1 : Diameter *cyclone* standar = 8 inchi (203 mm)

Dc_2 : Diameter *cyclone* yang diinginkan

Q_1 : Laju aliran standar

Untuk *high efficiency* = 223 m³/jam

Untuk *high rate throughput design* = 669 m³/jam

Q_2 : Laju aliran yang dikehendaki

$\Delta\rho_1$: Densitas campuran pada kondisi standar = 2000 kg/m³

$\Delta\rho_2$: Densitas campuran yang diketahui

μ_1 : Viskositas aliran (Udara pada 1 atm, 20°C) = 0.018 mNs/m²

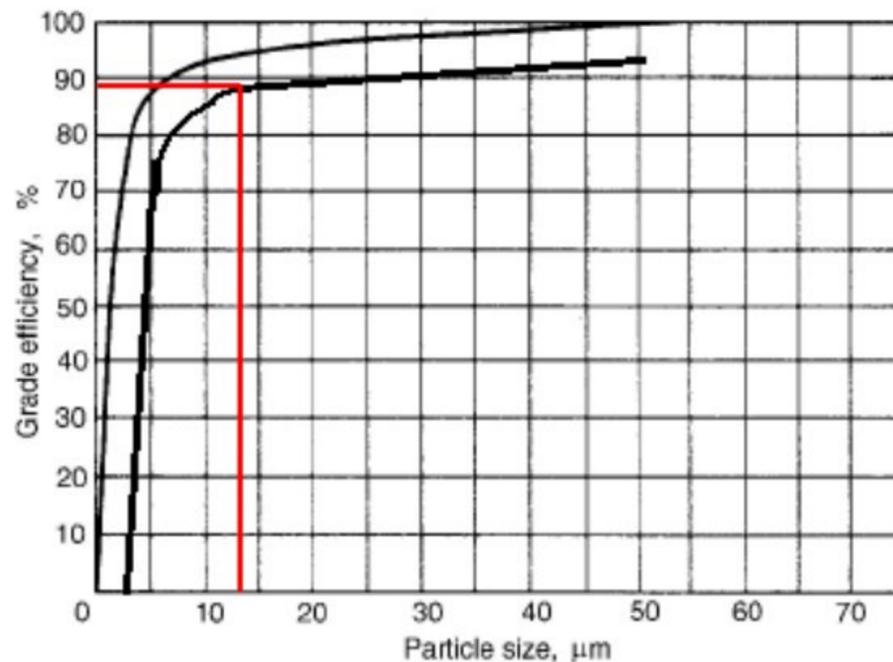
μ^2 : Viskositas yang diketahui

maka *scaling factor*

$$\frac{d_2}{d_1} = \left[\left(\frac{3,1796}{0,203} \right)^3 \times \frac{223}{54595,44} \times \frac{2000}{2500} \times \frac{0,02}{0,018} \right]^{1/2}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = 3,7351$$

Ukuran partikel = 20 μm



Gambar 12. Kurva performa kondisi standar *high efficiency cyclone*

Diperoleh efisiensi mendekati 90 % sekitar 89 % untuk partikel 20 µm, jadi masih memenuhi hasil yang diinginkan. Untuk partikel yang berukuran 5 µm, efisiensi masih 50%, sedangkan untuk ukuran partikel yang lebih besar dari 30 µm, efisiensi melebihi 90%.

Pressure drop

Pressure drop pada *cyclone* biasanya 8 kali dari *velocity head*, (Perry,1999)

$$\text{Velocity head} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(15 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 11,4796 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Pressure drop} &= 8 \times \text{velocity head} \\ &= 8 \times 11,4796 \text{ m} \times 1 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 900,00064 \text{ Pa atau } 0,0089 \text{ atm} \end{aligned}$$



II.3 Unit Pengeringan

II.3.1 *Cabinet Dryer*

Cabinet dryer merupakan mesin pengering yang berfungsi untuk mengeringkan berbagai jenis bahan baku makanan maupun non makanan, pengeringannya menggunakan udara panas dalam ruang tertutup (*Chamber*) (Severn, 1954). Terdapat dua tipe *cabinet dryer* yaitu yang menggunakan *tray dryer* dan *vacuum dryer*. *Vacuum dryer* menggunakan pompa dalam penghembusan udara, sedangkan pada *tray dryer* tidak menggunakan pompa (Singh, 2001). Produk yang sesuai dikeringkan dengan alat ini adalah produk yang memiliki keseragaman yang tinggi. Kelebihan dari penggunaan *cabinet dryer* adalah harga murah, karena membutuhkan daya yang tidak terlalu tinggi (Fellows, 1990).

Cabinet dryer yang terdapat pada unit produksi gatot-tiwul instan CV. Riang Java Food merupakan salah satu komponen penting karena berfungsi sebagai pengurang kadar air pada bahan baku yang berupa singkong dan tiwul. Alat ini berbentuk layaknya sebuah lemari yang memiliki beberapa rak yang berguna sebagai penampung. Udara panas yang dihasilkan dari sumber pemanas disebarkan ke seluruh bagian ruang pengering dengan menggunakan *double blower*. Penggunaan *cabinet dryer* ini diharapkan dapat memaksimalkan proses pengeringan bahan baku produksi gatot-tiwul instan tanpa adanya halangan dari perubahan cuaca.

Komponen *cabinet dryer* adalah *tray*, *heater*, dan *fan*. *Tray* disesuaikan dengan kapasitas jumlah, berat, dan ukuran produk pangan. *Tray* memiliki fungsi untuk wadah tiwul dalam proses *drying*, yang disusun bertingkat. Sedangkan dalam pemanas udara atau pengering udara dan penghembus udara kering yang digunakan dalam pengeringan menggunakan *double blower* dan panas dari *burner LPG*. Hubungan antara kadar air dan pengeringan untuk menentukan berapa panas masuk dan keluar yang setimbang serta menentukan panas yang hilang dalam proses pengeringan. Dalam mendesain *cabinet dryer* membutuhkan neraca massa untuk mengetahui kesetimbangan antara berapa produk yang masuk dengan



berapa yang keluar serta berapa uap air yang dilepaskan dalam proses. Ini berpengaruh juga pada perubahan fraksi air dalam bahan pangan (Singh, 2001).

Perancangan yang akan dilakukan meliputi dimensi atau ukuran-ukuran utama dari alat pengering. Alat pengering ini memiliki ruang bahan pengering, ruang bahan bakar, *tray* atau rak bahan yang akan dikeringkan. Pada alat pengering ini menggunakan *fan* atau kipas yang berupa *blower* dalam proses pengeringan. Sehingga penggunaan *blower* juga ada rancangan dalam *cabinet dryer* yang berjumlah dua. Penggunaan *double blower* adalah untuk menghasilkan distribusi suhu yang merata pada alat pengering ini dirancanglah bentuk *tray* atau rak penampung bahan yang dapat membentuk pola aliran udara panas yang mampu mendistribusikan suhu secara merata.

Prinsip kerja alat pengering yang dirancang adalah udara panas yang dihasilkan oleh *burner LPG* kemudian dialirkan atau dihembuskan ke dalam *cabinet dryer* dibantu dengan *double blower*. Udara panas yang dialirkan difungsikan sebagai media pengering. Proses pengeringan yang terjadi pada alat pengering ini adalah konduksi dan radiasi. *Cabinet dryer* juga dilengkapi dengan isolator yang terbuat dari karet dan di tiap-tiap sela atau siku dipatri dengan lem, hal ini bertujuan untuk mengurangi kehilangan panas di dalam alat sewaktu proses pengeringan berlangsung.

II.3.2 Perancangan *Tray*

Tray merupakan salah satu bagian terpenting dari *cabinet dryer*, *Tray* berfungsi sebagai tempat atau wadah bahan yang nantinya akan dikeringkan di dalam *dryer*. Besar *tray* yang dirancang nantinya mempengaruhi kapasitas dari alat pengering. Karena kapasitas dari alat pengering yang dirancang sebesar 12 kg per sekali proses, maka akan didapat ukuran *tray* yang sesuai dengan cara berikut.

Pertama adalah mengetahui densitas dari tiwul dan singkong, sebab pada proses pengeringan dilakukan dua kali dengan dua bahan tersebut. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Ayunafitri (2019), tiwul instan yang disubstitusi tepung koro pedang memiliki nilai densitas $0,53 \text{ g/cm}^3$. Namun tetap



dilakukan pengukuran densitas sendiri dari tiwul yang masih basah. Dari nilai massa jenis tiwul tersebut, kemudian dicari berapa besar volume yang dapat menampung 1 kg tiwul basah. Karena kapasitas dari *cabinet dryer* yang dirancang sebesar 12 kg per sekali proses, maka akan didapat ukuran *tray* yang sesuai dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Densitas tiwul} = 0,53 \text{ gr/cm}^3 = 530 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume 1 kg tiwul} = 1 / \text{densitas singkong}$$

$$\text{Volume 1 kg tiwul} = 0,0019 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Pada perancangan *tray* ini, akan dirancang 24 buah *tray* di dalam *cabinet dryer* dan dibagi menjadi tiga bagian *box* yang mana pada tiap *box* diisi oleh 8 buah *tray*, maka pada masing-masing *tray* dapat menampung 0,5 kg tiwul. Maka untuk perancangan *tray* untuk kapasitas 0,5 kg tiwul adalah:

$$\begin{aligned} \text{Volume tray} &= 0,0019 \text{ m}^3/\text{kg} \times 0,5 \text{ kg} \\ &= 0,0009 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume *tray* dari perhitungan di atas dengan mempertimbangkan bentuk dan besar bahan yang akan dikeringkan, maka masih harus ditambahkan lagi 50%, dengan tujuan agar terdapat ruang atau jarak antara bahan yang akan dikeringkan di dalam *tray* sehingga akan terjadi aliran udara panas di sekitar bahan selama proses pengeringan berlangsung. Dari hasil perhitungan, dengan pertimbangan tinggi maksimum tiwul sebesar 4 cm. Sehingga dapat ditentukan volume *tray* yang sesuai untuk memenuhi kapasitas *tray* yang diinginkan adalah sebagai berikut.

$$\text{Panjang} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 40 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi} &= \text{Tinggi maksimum singkong} + \text{jarak singkong antar tray} \\ &= 3 \text{ cm} + 7 \text{ cm} = 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka volume *tray* yang telah dirancang dengan ukuran di atas adalah:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 50 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \\ &= 20000 \text{ cm}^3 = 0,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi Kapasitas maksimum *tray* yang dirancang dari hasil perhitungan di atas adalah:

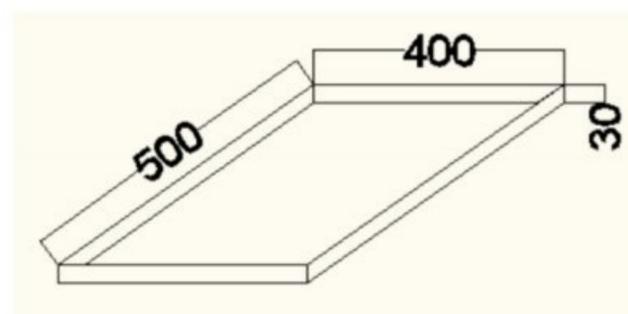
$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \frac{\text{Volume tray yang dirancang} - (\text{Volume tray} \times 50\%)}{\text{Volume 1 kg singkong}} \\ &= \frac{0,006 \text{ m}^3 - (0,0009 \text{ m}^3 \times 50\%)}{0,0019 \text{ m}^3/\text{kg}} = 2,93 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut, maka ukuran *tray* yang dirancang telah sesuai untuk memenuhi kebutuhan pengeringan tiwul untuk kapasitas tiap *tray* sebesar 0,5 kg. Namun terlalu banyak ruang kosong yang tersedia, sehingga kapasitas 2,93 kg dianggap sebagai kapasitas maksimum per *tray*, dan untuk kapasitas amannya sebesar 1 kg. *tray* yang dirancang berbentuk balok tanpa penutup dengan rangka untuk *tray* dan lapisan *tray* terbuat dari plat aluminium dengan tebal 1,5 mm. Perancangan *tray* berbentuk balok tanpa tutup bertujuan agar aliran udara panas bisa merata dan perpindahan panas bisa secara radiasi dan konduksi.

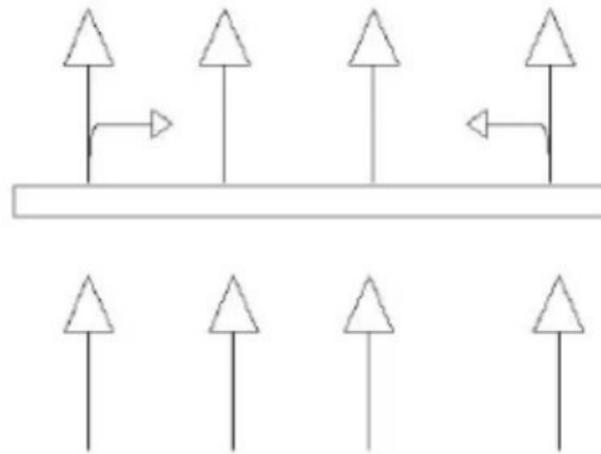
Dengan mempertimbangkan jumlah tingkat atau kamar dari *cabinet dryer* dan disesuaikan dengan ukuran ruang pengering serta karena tinggi rata-rata masing-masing singkong kurang dari 4 cm, maka secara keseluruhan ditentukan ukuran *tray* sebagai berikut:

Panjang	= 50 cm
Lebar	= 40 cm
Tinggi	= 3 cm
Jarak antar <i>tray</i>	= 7 cm

Setelah *cabinet dryer* selesai dibuat, maka dilakukanlah pengujian hampa untuk mendapatkan bentuk *tray* yang menghasilkan pola aliran udara yang merata.



Gambar 13. Bentuk *Tray* yang Dirancang



Gambar 14. Pola Aliran Udara yang Terjadi

II.3.3 Perancangan Ruang Bahan Pengeringan

Ruang bahan pengering merupakan salah satu komponen utama dari *cabinet dryer* yang dirancang. Ruang bahan pengering ini bertujuan sebagai ruangan untuk tempat bahan yang akan dikeringkan. Perlunya ruang bahan pengering didesain adalah karena distribusi temperatur akan diamati pada sejumlah titik disepanjang ruang pemanas. Oleh karena itu, pada alat pengering ini dilakukan sejumlah pembatasan tingkat atau kamar pengeringan.

Material yang digunakan untuk membuat ruang pengering pada *cabinet dryer* adalah *plat stainless steel* dengan ketebalan pelat yaitu 1,2 mm. *plat stainless steel* sering digunakan untuk konstruksi umum dengan sifat perlakuan panas sedang, karena alat pengering yang dirancang diperkirakan akan mengalami perlakuan panas dengan suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu dengan pengatur panas maksimal 70°C.

Maka dirancanglah ruang pengeringan yang cukup untuk menampung produk dengan kapasitas 36 kg. Dengan alasan-alasan tersebut maka tinggi ruang bahan pengeringan ditentukan sebagai berikut.

Jumlah <i>tray</i>	= 8 buah
Jumlah <i>box</i>	= 3 buah
Panjang <i>tray</i>	= 40 cm
Lebar <i>tray</i>	= 50 cm



Tinggi <i>tray</i>	= 3 cm
Jarak tiap <i>tray</i>	= 7 cm
Jarak <i>tray</i> dengan bagian bawah <i>box dryer</i>	= 8 cm
Jarak <i>tray</i> dengan bagian atas <i>box dryer</i>	= 16 cm
Jarak <i>tray</i> dengan bagian depan <i>box dryer</i>	= 1 cm
Jarak <i>tray</i> dengan bagian belakang <i>box dryer</i>	= 1 cm
Jarak <i>tray</i> dengan bagian kiri <i>box dryer</i>	= 2 cm
Jarak <i>tray</i> dengan bagian kanan <i>box dryer</i>	= 2 cm
Jarak antara <i>box dryer</i>	= 8 cm
Tebal isolator	= 4 cm

Maka ukuran ruang bahan pengering adalah

Tinggi

$$\begin{aligned} &= (8 \times \text{Tinggi } tray) + (7 \times \text{Jarak antar } tray) + (2 \times \text{Tebal isolator}) + \\ &\quad (\text{Jarak } tray \text{ dengan bagian atas}) + (\text{Jarak } tray \text{ dengan bagian bawah}) \\ &= (8 \times 3 \text{ cm}) + (7 \times 7 \text{ cm}) + (2 \times 4 \text{ cm}) + (16 \text{ cm}) + (8 \text{ cm}) \\ &= 105 \text{ cm} \end{aligned}$$

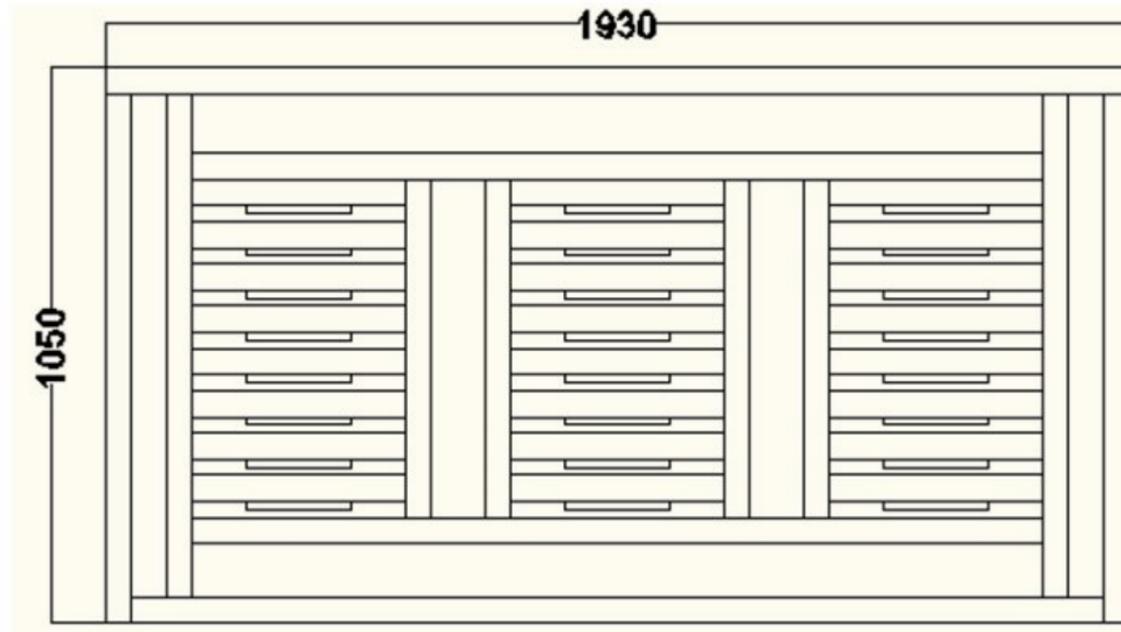
Panjang

$$\begin{aligned} &= (3 \times \text{Panjang } tray) + (2 \times \text{Jarak antar } box) + (2 \times \text{Tebal isolator}) + (2 \\ &\quad \times \text{Jarak } tray \text{ dengan bagian samping}) + (2 \times \text{Jarak } box \text{ ke isolator}) \\ &= (3 \times 40 \text{ cm}) + (2 \times 9 \text{ cm}) + (2 \times 4 \text{ cm}) + (6 \times 2 \text{ cm}) + (2 \times 16,5 \text{ cm}) \\ &= 193 \text{ cm} \end{aligned}$$

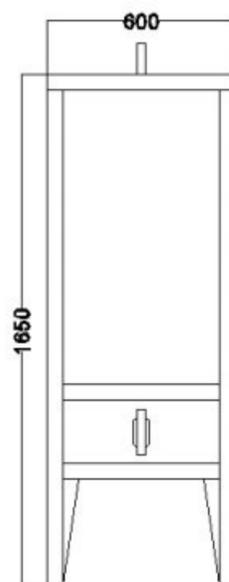
Lebar

$$\begin{aligned} &= (\text{Lebar } tray) + (2 \times \text{Jarak } tray \text{ samping}) + (2 \times \text{Tebal isolator}) \\ &= (50 \text{ cm}) + (2 \times 1 \text{ cm}) + (2 \times 4 \text{ cm}) \\ &= 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ruang bahan pengering yang telah dirancang nantinya pada tiap siku dan celah diberikan isolator panas, hal ini perlu dilakukan untuk mencegah udara panas keluar dari ruang pengering dan menyebabkan suhu pengeringan tidak stabil. Adapun desain dari ruang pengeringan terlihat pada gambar berikut.



Gambar 15. Ruang Bahan Pengering Tampak Depan



Gambar 16. Ruang Bahan Pengering Tampak Samping

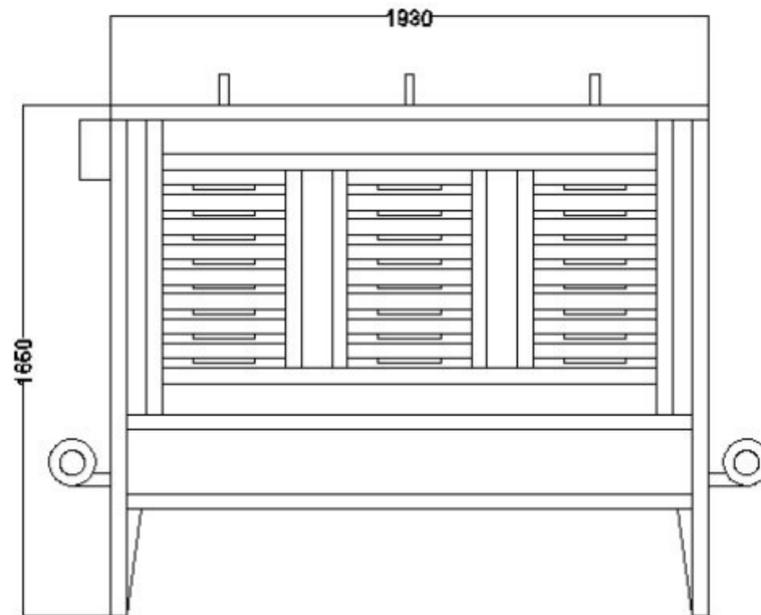
II.3.4 Perancangan Ruang *Burner* dan Bahan Bakar

Burner atau biasa disebut dengan *heater* merupakan salah satu komponen utama dari *cabinet dryer* yang dirancang. *Heater* bertujuan sebagai tempat penghasil panas yang kemudian dihembuskan atau dialirkan menggunakan *double blower* yang dirancang di kanan dan kiri bagian *heater* untuk menghasilkan aliran udara panas sebagai media pengering pada *cabinet dryer*.

II.3.5 Hasil Akhir Perancangan Alat Pengering

Dari hasil perancangan di atas, maka diperoleh data-data dimensi atau ukuran komponen utama alat pengering yang telah dirancang. Hasil akhir perancangan alat pengering ini antara lain dapat dilihat pada gambar berikut:

Alat pengering yang dirancang:



Gambar 17. Alat Pengering yang Dirancang

1. *Cabinet dryer tipe tray dryer*

Panjang = 193 cm
Lebar = 60 cm
Tinggi = 160 cm
Bahan = Plat *stainless stell* tebal 1,2 mm
Holo baja 4 x 4 cm KS

2. *Tray*

Panjang = 50 cm
Lebar = 40 cm
Tinggi = 3 cm
Jumlah = 24 buah
Bahan = Plat aluminium 1,5 mm (Rangka)
Plat aluminium 1,5 mm (*Body*)
Kapasitas = 12 kg/proses



3. *Box dryer* (Ruang bahan pengering)
Panjang = 193 cm
Lebar = 60 cm
Tinggi = 105 cm
Bahan = Plat *stainless stell* tebal 1,2 mm
Holo baja 4 x 4 cm KS
4. *Double blower* (Ruang pengaliran udara panas)
Panjang = 26 cm
Lebar = 21 cm
Tinggi = 20 cm
Bahan = Plat *stainless stell* tebal 1,2 mm
Laju alir udara = 300 rpm
5. *Burner* (Ruang bahan bakar)
Panjang = 193 cm
Lebar = 60 cm
Tinggi = 25 cm
Bahan = Plat *stainless stell* tebal 1,2 mm

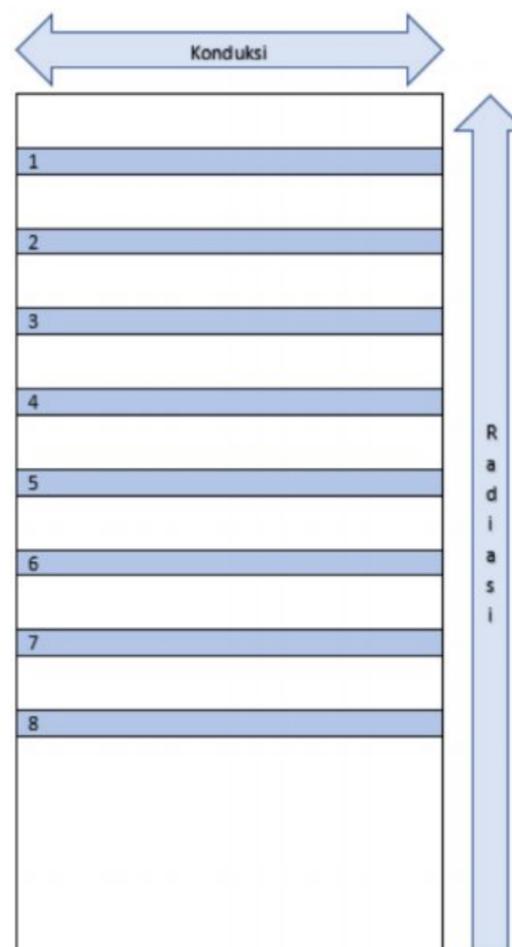
II.3.6 Prinsip Kerja Alat Pengering

Berdasarkan literatur sebelumnya bahwa proses pengeringan terbagi atas tiga macam yaitu pengeringan dengan cara alami, pengeringan dengan udara panas, dan pengeringan dengan uap air. Maka dipilihlah proses pengeringan dengan menggunakan prinsip udara panas untuk alat pengering yang akan dirancang. Alasan dari pemilihan proses pengeringan menggunakan udara panas karena terdapat keunggulan karena tidak tergantung cuaca dan penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit, sehingga lebih hemat dalam skala ekonomi.

Meskipun massa jenis dari uap air pada temperatur tinggi lebih rendah daripada massa jenis udara pada temperatur yang sama dan secara alami uap air akan lebih mudah naik jika dipanaskan hingga pada temperatur tinggi. Namun penguapan air juga membutuhkan waktu yang relatif lama dan membutuhkan

energi atau bahan bakar yang relatif banyak, sehingga berdampak pada biaya bahan bakar.

Selain itu, proses perpindahan panas secara radiasi pada pengeringan dengan udara panas lebih menyeluruh dan stabil dibandingkan dengan uap air. Hal tersebut juga berpengaruh pada pengurangan kadar air. Udara panas dapat menguapkan kadar air pada bahan, sedangkan apabila menggunakan uap air akan mengakibatkan *tray* dan bahan akan terdapat embun dan berakibat pada adanya kembali kadar air dalam bahan. Laju aliran panas yang dilalui oleh udara panas di dalam *cabinet dryer* pada satu *box dryer* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 18. Laju Aliran Panas Pengeringan dengan Udara Panas

Prinsip kerja alat pengering dengan menggunakan udara panas yang dihasilkan oleh *burner LPG* dan dialirkan menggunakan *double blower*. Udara panas yang dihasilkan oleh *burner* akan dialirkan ke dalam masing-masing *box dryer* dengan bantuan *double blower*. *Blower* difungsikan sebagai *fan* untuk mengontrol aliran udara, sehingga proses perpindahan panas bisa merata dan



mampu membantu mengangkat uap air yang terkandung dalam bahan. Selain itu, karena *burner* menyatu dengan ruang pemanas dan sekaligus tempat pengaliran udara panas dari *blower*, uap air akan dilepas untuk membawa kalor dari bahan dan tidak sampai tertampung di bawah setelah proses pengeringan selesai.

Apabila temperatur di dalam ruang pengering sudah cukup tinggi, sekitar 60-70°C, maka saluran pembuangan yang terletak di atas ruang pengering atau pada masing-masing *box dryer* akan dibuka dengan tujuan mengurangi tekanan dalam ruang pengering dan melepaskan udara panas yang telah bercampur dengan uap air. Hal ini secara langsung juga akan menurunkan temperatur dalam ruang pengering tersebut.

II.3.7 Analisa *Performance* Alat Pengering yang Dirancang

Di dalam perancangan *cabinet dryer*, dilakukan juga analisa *performance* dari alat pengering yang bertujuan untuk mengetahui apakah alat pengering yang dirancang ini nantinya dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Sehingga alat ini dapat digunakan oleh CV. Riang Java Food secara maksimal.

1. Berat tiwul kering dengan kadar air sesuai Standar Nasional Indonesia

Sesuai Standar Nasional Indonesia, bahwa kadar air untuk tiwul kering adalah 6,65 persen (Ayunafitri, 2019) dan kadar air awal tiwul adalah 50 persen. Oleh karena itu kadar air dapat digunakan dalam menghitung berat akhir dari tiwul kering. Untuk mencari berat tiwul dengan kadar air sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah dengan cara berikut:

Asumsi kadar air awal tiwul = 50 %

Berat tiwul basah tiap *tray* = 1 kg

Berat tiwul kering dengan kadar air 0% = 0,5 kg

Maka berat tiwul dengan kadar air 6,65% adalah 0,57 kg, melalui perhitungan interpolasi.

2. Total energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan tiwul

Untuk mencari total energi yang dibutuhkan oleh alat pengering selama proses pengeringan berlangsung dapat dihitung dengan cara berikut.



Berat tiwul basah hasil granulasi (W_{tb})	= 24 kg
Berat tiwul kering hasil pengeringan (W_{tk})	= 13,60 kg
Temperatur rata-rata udara pengering (T_d)	= 70°C
Temperatur awal tiwul (T_a)	= 28°C
Lama pengeringan (N)	= 6 jam
Kecepatan udara pengering (v)	= 0,256 m/s
Koefisien pindahan panas dinding (k_1)	= 45,36 kkal/mh°C
Koefisien pindahan panas pada isolasi (k_2)	= 0,011 kkal/mh°C
Panas jenis udara kering (cp_w)	= 2,52 kkal/kg°C
Panas jenis tiwul (cp_{tiwul})	= 0,486 kkal/kg°C
Panas jenis air (cp_{air})	= 1 kkal/kg°C
Panas laten air (h_{jg})	= 557,45 kkal/kg
Massa jenis moisture jenuh pada T_d (ρ_{sd})	= 198,67 gr/m ³
Massa jenis moisture jenuh pada T_a (ρ_{sa})	= 27,59 gr/m ³
Kelembaban relative udara pengering rata-rata (RHd)	= 78%
Kelembaban relative udara luar (RH _a)	= 70%
Berat air pada tiwul awal (W_i)	= 12 kg

a) Kebutuhan energi untuk pengering tiwul (Q_d), dihitung menggunakan persamaan.

$$Q_d = Q_t + Q_w + Q_l$$

Dimana:

Q_d = energi pengeringan tiwul, kkal

Q_t = energi pemanasan tiwul, kkal

Q_w = energi pemanasan air tiwul, kkal

Q_l = energi penguapan air tiwul, kkal

Energi untuk pemanasan tiwul (Q_t), dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned} Q_t &= W_{tb} \cdot cp_{tiwul} \cdot (T_d - T_a) \\ &= 24 \text{ kg} \times 0,486 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (70^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}) \\ Q_t &= 489,8880 \text{ kkal} \end{aligned}$$



Energi pemanasan tiwul (Q_w), menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned}Q_w &= W_i \cdot c_{p_{air}} \cdot (T_d - T_a) \\&= 12 \text{ kg} \times 1 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (70^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}) \\Q_w &= 504,0000 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Berat kandungan air tiwul akhir (W_f), menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned}W_f &= 16,66 \% \cdot W_{ik} \\W_f &= 16,66\% \times 13,60 \text{ kg} = 2,2651 \text{ kg}\end{aligned}$$

Berat air yang dipindahkan selama proses pengeringan (W_r), dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned}W_r &= W_i - W_f \\&= 12 \text{ kg} - 2,2651 \text{ kg} \\&= 9,7349 \text{ kg}\end{aligned}$$

Energi penguapan air tiwul (Q_l), dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned}Q_l &= W_r \cdot h_{jg} \\&= 9,7349 \text{ kg} \times 557,45 \text{ kkal/kg} \\&= 5426,724 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Maka didapat energi yang dibutuhkan untuk pengering tiwul (Q_d)

$$\begin{aligned}Q_d &= Q_t + Q_w + Q_l \\&= 489,89 \text{ kkal} + 504,00 \text{ kkal} + 5426,72 \text{ kkal} \\&= 6420,61 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Jadi energi yang dibutuhkan untuk pengeringan tiwul matang adalah sebesar 6420,61 kkal.

- b) Energi yang hilang dari dinding dan ventilasi ruang pengering (Q_{lt}), dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$Q_{lt} = (Q_{lw} \times N) + Q_{lv}$$

Dimana:

Q_{lw} = energi yang hilang melalui dinding *box dryer*, kkal/jam

Q_{lv} = energi yang hilang dari ventilasi, kkal/jam

N = lama pengeringan



Kehilangan energi melalui dinding *box dryer* (Q_{lw}) menggunakan beberapa asumsi sebagai berikut:

- 1) Aliran panas berlangsung tunak (*Steady*) dan temperatur tiap jam dianggap konstan serta harganya diperoleh dengan merata-ratakan temperature selama pengujian temperatur untuk tiap tingkat *tray* dan tiap titik pengujian.
- 2) Konduktifitas thermal bahan (Plat dan isolator) dianggap konstan.
- 3) Tidak ada pembangkit kalor sepanjang dinding *box dryer*.
- 4) Kehilangan kalor melalui dinding hanya diperhitungkan melalui dinding samping (Kanan dan kiri) serta dinding bagian belakang.

Kehilangan energi melalui dinding *box dryer* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$U = \frac{1}{\Delta x_1/k_1 + \Delta x_2/k_2}$$

$$Q_{lw} = U \cdot A \cdot \Delta T_{menyeluruh}$$

Dimana:

U = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh ($\text{kkal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)

A = Luas penampang (m^2)

ΔT = T_d (70°C)

k_1 = Koefisien perpindahan kalor konduksi plat ($\text{kkal/mh}^\circ\text{C}$)

k_2 = Koefisien perpindahan kalor konduksi isolasi ($\text{kkal/mh}^\circ\text{C}$)

Δx_1 = Tebal dinding *cabinet dryer* (m) = 0,005 m

Δx_2 = Tebal lapisan isolasi (m) = 0,035 m

Jadi perhitungannya.

$$U = \frac{1}{\Delta x_1/k_1 + \Delta x_2/k_2}$$

$$U = \frac{1}{0,002 \text{ m}/45,36 \text{ kkal/mh}^\circ\text{C} + 0,035 \text{ m}/0,011 \text{ kkal/mh}^\circ\text{C}}$$
$$= 0,3143 \text{ kkal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$



Kehilangan energi melalui dinding alat pengering untuk masing-masing penampang adalah.

$$A = 40 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} = 240 \text{ cm}^2 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_{lw} &= U \cdot A \cdot \Delta T \\ &= 0,3143 \text{ kkal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 0,24 \text{ m}^2 \times 70^\circ\text{C} \\ &= 5,2799 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Karena tiap penampang memiliki ukuran yang sama, maka total kehilangan energi melalui dinding *box dryer* (Q_{lw}) adalah.

$$\begin{aligned} \sum Q_{lw} &= \text{jumlah tray} \cdot Q_{lw} \\ &= 24 \times 5,2799 \text{ kkal/jam} \\ &= 739,1640 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Kehilangan energi melalui ventilasi (Q_{lv}), dapat dihitung dengan persamaan.

$$Q_{lv} = \frac{\tilde{V} \times cpm \times (T_d - T_a)}{N}$$

Dimana, \tilde{V} adalah debit udara ventilasi dan dihitung menggunakan persamaan.

$$\tilde{V} = 1000 \times \frac{Wr}{p \text{ air}}$$

Massa jenis uap air ventilasi (ρ_{ar}), dihitung menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned} \rho_{ar} &= \rho_{sd} \cdot RH_d - \rho_{sa} \cdot RH_a \\ &= 198,67 \text{ gr/m}^3 \times 78 \% - 27,59 \text{ gr/m}^3 \times 70 \% \\ &= 135,65 \text{ gr/m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga debit udara ventilasi adalah.

$$\begin{aligned} \tilde{V} &= 1000 \times \frac{Wr}{p \text{ air}} \\ &= 1000 \times \frac{9,7349 \text{ kg}}{135,65 \text{ gr/m}^3} \\ &= 71,7651 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Kehilangan energi melalui ventilasi (Q_{lv})



$$Q_{lv} = \frac{\bar{V} \times c_{pm} \times (T_d - T_a)}{N}$$
$$Q_{lv} = \frac{71,7651 \frac{m^3}{s} \times 0,252 \frac{kkal}{m^3} \times (70 C - 28 C)}{6 \text{ jam}}$$
$$= 126,594 \text{ kkal/jam}$$

Maka energi yang hilang dari dinding dan ventilasi dari *box dryer*.

$$Q_{lt} = (Q_{lw} \times N) + Q_{lv}$$
$$= (126,72 \text{ kkal/jam} \times 6 \text{ jam}) + 126,60 \text{ kkal}$$
$$= 886,89 \text{ kkal}$$

Jadi energi yang hilang dari dinding dan ventilasi *box dryer* (Q_{lt}) adalah sebesar 4624,88 kkal.

- c) Total energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan tiwul per satu kali proses pengeringan (Q_T), menggunakan persamaan berikut.

$$Q_T = Q_d + Q_{lt}$$
$$= 6420,61 \text{ kkal} + 886,89 \text{ kkal}$$
$$= 7307,50 \text{ kkal/proses}$$

3. Kebutuhan bahan bakar

Kebutuhan bahan bakar *LPG* selama proses pengeringan tiwul dapat dihitung dengan persamaan.

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = \frac{Q_T}{NKB_i}$$

Di mana NKB_i adalah nilai kalor bahan bakar *LPG* yaitu sebesar 10478,95 kkal/kg dan 1 kg = 1,224 liter. Maka kebutuhan bahan bakar *LPG* selama pengeringan tiwul adalah.

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = \frac{Q_T}{NKB_i}$$
$$= \frac{7307,50 \text{ kkal}}{10478,95 \text{ kkal/kg}}$$
$$= 0,6974 \text{ kg}$$
$$= 0,8536 \text{ liter}$$

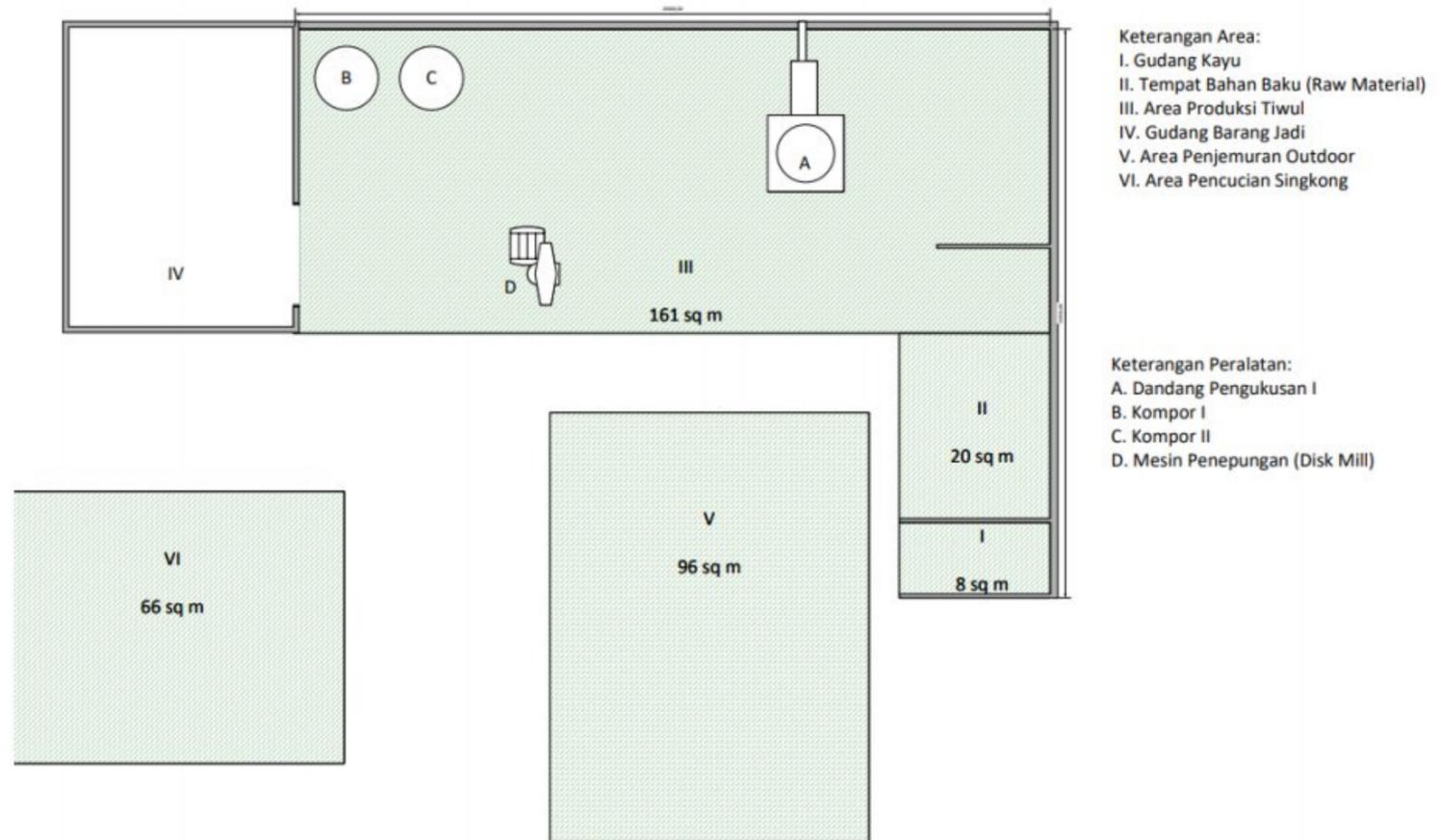
$$\text{Kebutuhan } LPG/\text{jam} = \frac{Q_T}{NKB_i}$$

$$= \frac{0,8536 \text{ liter}}{6 \text{ jam}}$$

$$= 0,1423 \text{ liter/jam}$$

Jadi kebutuhan *LPG* tiap jamnya adalah 0,1423 liter/jam

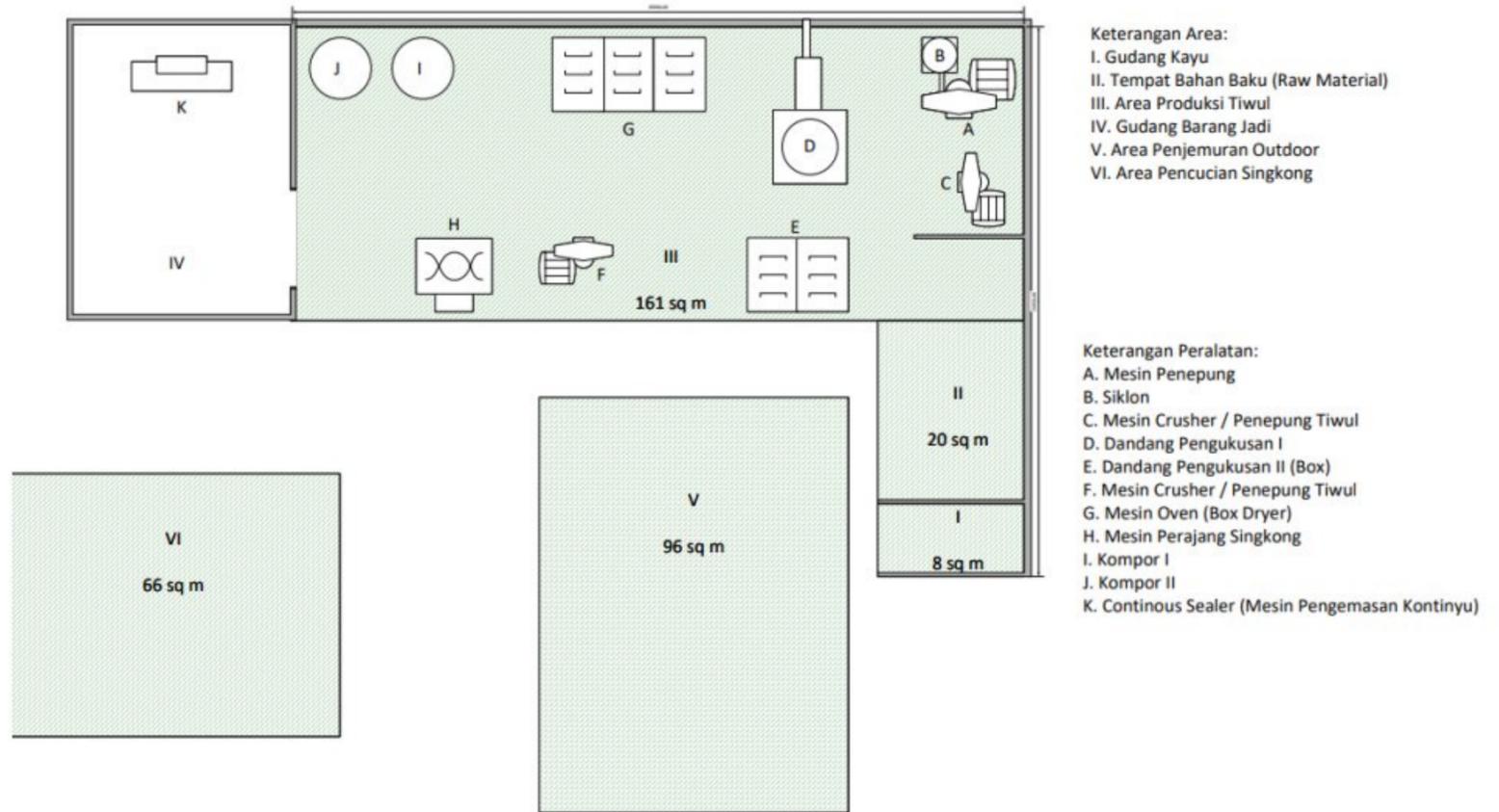
II.4 Desain *Layout* Pabrik



Gambar 19. Tata Letak Ruang Produksi Lama



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG
CV. RIANG JAVA FOOD
MALANG



Gambar 20. Tata Letak Ruang Produksi Baru