

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Stasiun Evaporasi

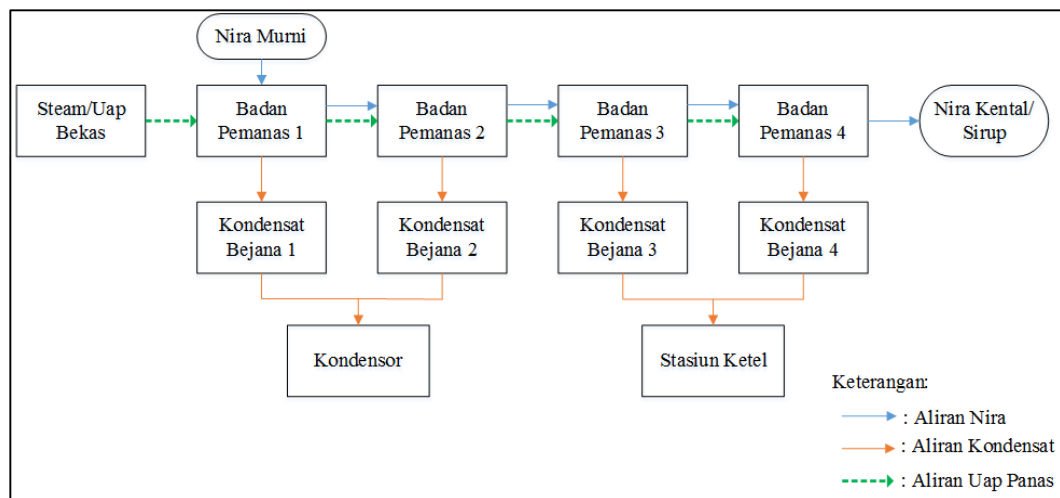
PG Madukismo memiliki kapasitas bahan baku yang masuk 400.000 – 500.000 ton pertahun, dengan jumlah tebu yang masuk pabrik gula dapat menghasilkan SHS sekitar 35.000 ton pertahun dengan rendemen 7,5% - 8,5%.

Masa produksi industri gula berkisar 5 hingga 6 bulan pertahun dengan waktu produksi 24 jam sehari. Sistem kerja yang digunakan adalah kontinyu dari bulan Mei hingga Oktober sedangkan pada bulan lain tidak melakukan produksi sehingga dimanfaatkan untuk melakukan pemeliharaan dan perawatan alat. Proses produksi gula terdiri dari stasiun penerimaan, stasiun gilingan, stasiun pemurnian dan stasiun evaporasi. Proses evaporasi ini merupakan stasiun yang membutuhkan waktu yang paling lama. Stasiun evaporasi merubah nira cair dari proses pemurnian untuk kemudian menghasilkan nira kental.

Stasiun evaporasi merupakan stasiun untuk mengubah air menjadi uap. Proses ini berupa perpindahan panas dari bahan pemanas ke nira sehingga air yang tadinya awalnya berada pada fase air berubah menjadi fase gas. Komponen terbesar dari nira encer yang dihasilkan stasiun pemurnian adalah air (brix 10-12%) berarti kandungan air 88-90%. Dalam proses penguapan ini perlu diperhatikan mengenai perpindahan panasnya untuk mencegah rusaknya komponen gula. Jumlah air yang teruapkan pada proses evaporasi ini sebanyak 70%. Prinsip penguapan ini mengubah nira cair menjadi kental dari 16% menjadi 64% dengan ketentuan bahwa nira kental memiliki brix sekitar 30-32° Be. Proses

evaporasi memiliki beberapa bahan baku yang pendukung agar proses pembuatan nira kental ini semakin baik. Bahan-bahanya terdiri dari NaOH, *Voltable Excellent*, *Triphos* (Tri sodium phosphat). NaOH dan *Voltable Excellent* merupakan bahan yang digunakan untuk melunakkan kerak pada dinding *boiler* dan pipa pemanas evaporator sehingga mudah dibersihkan. Kerak bisa berasal dari nira yang mengalami proses pemanasan secara terus-menerus dan garam-garam yang terbentuk atau bahan-bahan pada lain yang ditambahkan selama proses. *Voltable excellent* memiliki fungsi yang sama dengan NaOH yang penggunaannya dikombinasikan atau digunakan secara bergantian, begitu pula dengan *Triphos*. Selain bahan baku, yang diperlukan dalam proses evaporasi adalah tenaga kerja. Jumlah tenaga kerja yang terlibat langsung dalam proses produksi sebanyak 10 orang.

Proses yang terjadi pada stasiun evaporasi dapat digambarkan seperti gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Skema proses evaporasi

Proses evaporasi dimulai dari masuknya nira murni atau cair ke dalam badan pemanas 1 untuk melakukan penguapan. Nira yang berasal dari proses penguapan badan pemanas 1 terus dilanjutkan ke badan pemanas 2, 3 dan 4 dengan proses yang sama. Kondensat bejana 1, 2, 3 dan 4 berfungsi menampung kondensat yang dihasilkan dari badan pemanas. Kondensat bejana 1 dan 2 dilanjutkan ke kondensator dan kondensat bejana 3 dan 4 untuk stasiun ketel.

4.2 Identifikasi Keinginan Konsumen

Keinginan konsumen didapatkan dengan mencari informasi berupa penyebaran kuisisioner dan wawancara dengan para pekerja yang bersangkutan dengan proses evaporasi. Kuisisioner dibagikan kepada 26 orang pekerja yang nantinya hasil dari kuisisioner tersebut dapat menggambarkan permasalahan dan keinginan pekerja dalam pengembangan alat. Tabel 4.1 Berikut merupakan hasil dari pengumpulan data awal:

Tabel 4 1 Identifikasi Keinginan Konsumen

No.	Permasalahan	Keinginan
1.	Pengaturan tekanan uap umpan (pemanas) belum memenuhi SOP	Perbaikan tekanan uap umpan (Pemanas) yang lebih baik
2.	Hasil brix yang sulit diprediksi	<i>Supply</i> uap yang bisa diatur sesuai SOP
3.	Pembersihan penangkap nira yang sulit	Penyesuaian kapasitas Produksi dengan keinginan dan kebutuhan pasar Dapat dibersihkan dengan
4.	Pembersihan badan pemanas yang sulit	mudah baik dalam hal perencanaan maupun praktiknya
5.	Sulitnya mengatur debit nira yang masuk dan dikeluarkan	Perbaikan pengaturan nira masuk dan keluar yang mudah
6.	Tekanan udara dalam badan pemanas naik turun	Penambahan sistem <i>bleeding</i>

Dari permasalahan di atas dapat dijabarkan menjadi fungsi yang diharapkan responden dalam pengembangan evaporator tersebut. Berikut merupakan 5 fungsi tersebut adalah:

1. Kemudahan pengoperasian (*Operability*) nira yang masuk
2. Perawatan (*Maintenance*) yang mudah
3. *Portable* (Mobile) proses dalam perjalanan atau di kebun
4. Waktu proses yang efektif
5. Suhu dapat di atur

Fungsi di atas perlu dilakukan penghitungan prosentase seberapa besar keinginan responden dalam pengekseskuan fungsi tersebut. Tabel 4.2 berikut merupakan prosentase keinginan responden:

Tabel 4 2 Prosentase 5 keinginan konsumen

No.	Fungsi yang diinginkan
1.	Kemudahan dalam pengoperasian (<i>Operability</i>) nira yang masuk.
2.	Perawatan (<i>maintenance</i>) yang mudah.
3.	<i>Portable (mobile)</i> proses dalam perjalanan/ di kebun.
4.	Waktu proses yang efektif.
5.	Pengaturan suhu yang dapat diatur.

4.2.1 Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas dan reliabilitas dilakukan untuk menguji fungsi-fungsi yang ada. Pengujian ini dilakukan kepada 26 responden menggunakan *software* SPSS. Berikut merupakan gambar hasil dari uji validitas dan reliabilitas terhadap atribut yang ada.

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Squared Multiple Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Q1	17.1154	.666	.402	.	.684
Q2	17.9231	.554	.533	.	.630
Q3	18.1154	.666	.402	.	.684
Q4	17.9231	.554	.533	.	.630
Q5	17.0769	.714	.501	.	.661

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.708	.721	5

Gambar 4 1 Hasil Validitas dan Uji Reliabilitas

Dari uji validitas ini didapatkan ini *Corrected Item-Total Correlation* dengan nilai signifikansi (α) = 5% dan nilai r_{tabel} = 0,388 yang berarti semua atribut dinyatakan valid.

Dari uji realibilitas, diketahui nilai Cronbach's Alpha dari atribut yang adalah 0,721 dan termasuk kategori *acceptable*. Oleh karena itu atribut yang ada dapat dilanjutkan untuk melakukan pengembangan mesin evaporator.

4.2.2 Improving Feature

Dalam metode TRIZ menggunakan matriks kontradiksi 39x39 elemen yang dibagi menjadi *improving feature* dan *worsening feature*. Fungsi yang diinginkan konsumen disebutkan dalam tabel 4.3 berikut:

Tabel 4 3 Prosentase 5 keinginan konsumen

No.	Fungsi yang diinginkan
1.	<i>Portable (mobile)</i> proses dalam perjalanan/ di kebun.
2.	Waktu proses yang efektif.
3.	Pengaturan suhu yang dapat diatur.

Tabel fungsi yang diinginkan konsumen di atas disesuaikan dengan *improving feature* dari 39 parameter yang dijelaskan pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4 4 *Improving Feature*

No.	Atribut	<i>Improving Feature</i>
1.	<i>Portable (mobile)</i> proses dalam perjalanan/ di kebun.	<i>Adaptibility or Versality</i> (35)
2.	Waktu proses yang efektif.	<i>Loss of Time</i> (25)
3.	Pengaturan suhu yang dapat diatur.	<i>Temperature</i> (17) <i>Ease of Operation</i> (33)

4.2.3 Worsening Feature

Hasil dari *improving feature* digunakan untuk melakukan penentuan nilai *worsening feature*. *Worsening feature* ini menunjukkan dampak apa saja yang dapat terjadi jika hal itu dilakukan. *Worsening feature* ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4 5 *Worsening Feature*

No.	Atribut	<i>Worsening Feature</i>
1.	<i>Portable (mobile)</i> proses dalam perjalanan/ di kebun.	<i>Volume of moving object (7)</i>
2.	Waktu proses yang efektif.	<i>Use of Energy by moving Object (19)</i>
3.	Pengaturan suhu yang dapat diatur.	<i>Use of energy by moving object (19)</i>

4.2.4 Matriks Kontradiksi TRIZ

Kontradiksi desain antara parameter kinerja dapat diselesaikan dengan menggunakan salah satu atau lebih dari 40 dasar inovasi. Titik temu antara elemen-elemen yang ada akan menunjukkan *inventive principles* yang menjadi acuan untuk merancang pengembangan mesin evaporator selanjutnya.

Tabel 4 6 Persimpangan pada Atribut 1

<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>
<i>Loss of time (25)</i>	<i>Use of Energy by moving Object (19)</i>
	35, 38, 19, 18

Persimpangan pada atribut 1 yaitu proses yan lebih singkat (*effectivity*). *Improving feature* atribut tersebut yaitu *Loss of time (25)*. *Worsening feature*nya yaitu *use of energy by moving object (19)* yang menghasilkan beberapa *inventive principles* 35, 38, 19, 18 namun prinsip yang akan diterapkan pada evaporator adalah prinsip 35 *parameter changes (transformasi)* dengan penjelasan sebagai berikut:

- Mengubah parameter sebuah objek atau sistem (misalnya untuk gas, cair atau padat)
- Mengubah konsentrasi atau konsistensi
- Mengubah tingkat fleksibilitas
- Mengubah atmosfer untuk pengaturan yang lebih optimal

Tabel 4 7 Persimpangan pada Atribut 2

<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>
<i>Temperature</i> (17)	<i>Use of energy by moving obj.</i> (19) 19, 15, 3, 17

Persimpangan pada atribut 2 yaitu kemudahan dalam penjagaan dan pengaturan suhu umpan (*Temperature*). *Improving feature* atribut tersebut yaitu *temperature* (17) dan *ease of operation* (33) dikarenakan diharapkan kondisi termal mesin dapat terjaga dan dikendalikan. *Worsening feature* yaitu *use of energy by moving object* (19) yang menghasilkan *inventive principles* 19,15,3,17. Penjelasan dari prinsip-prinsip yang dipilih adalah:

- a. Prinsip 15. *Dynamics* (pendinamisan/adaptasi)
 - mendesain sifat-sifat sebuah objek, lingkungan sekitar atau prosesnya untuk mencari kondisi yang optimal.
 - membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian yang mampu melakukan kerjasama terhadap satu sama lain.
 - jika suatu objek atau proses kaku atau tidak fleksibel maka objek atau proses tersebut dibuat untuk bergerak agar dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar.

Tabel 4 8 Persimpangan pada Atribut 3

<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>
<i>Adaptability</i> <i>Versatility</i> (35)	<i>Volume of moving object</i> (7) 15, 35, 29

Persimpangan pada atribut *portable, improving feature*nya adalah *Adaptability or versatility* (35) karena diharapkan mesin tersebut dapat bekerja secara *mobile* pada perkebunan tebu dan *worsening feature*nya adalah *volume of moving object* (7) yang menghasilkan *inventive principles* 15, 35, 29 dengan penjelasan seperti berikut:

- a. Prinsip 15. *Dynamics* (Pedinamisan / Adaptasi)
 - Mendesain sifat-sifat sebuah objek, lingkungan sekitar atau prosesnya untuk mencari kondisi yang lebih optimal.
 - Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian yang mampu melakukan kerjasama terhadap satu sama lain.
 - Jika suatu objek atau proses kaku atau tidak fleksibel maka objek atau proses tersebut dibuat untuk bergerak agar dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar.

4.2.5 Penerapan *Inventive Principle* Tiap Fungsi

Tahap selanjutnya adalah menerjemahkan prinsip-prinsip yang dipilih pada *inventive principles* di atas untuk dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dari user. Penerapan *inventive principle* ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.9 *Inventive Principle*

CA	<i>Improving</i>	<i>Worsening</i>	<i>Inventive Principles</i>	Penjelasan	Ide	Penerapan	<i>Specific Solution</i>
<i>Process</i>	<i>Loss of time</i> (25)	<i>Use of energy by moving object</i> (19)	(35) <i>Transformasi</i>	Mengganti sistem/ teknik penguapan dengan mempertimbangkan sifat/ faktor yang mempengaruhi evaporasi	Mengganti evaporasi penguapan	sistem pada bagian	Mengganti sistem input nira dengan penyemprot <i>shower nozzle (cyclon)</i> dengan air spray tipe F75 <i>gravity</i> dengan nozzle 1,5 mm
	<i>Temperature</i> (17)	<i>Use of energy by moving obj.</i> (19)	15. <i>Dynamics</i>	Mendesain sifat-sifat sebuah objek, lingkungan sekitar atau prosesnya untuk mencari kondisi yang lebih optimal dan membagi suatu objek atau	Mengubah pemanasan menambahkan pemanas berupa buatan terpisah sehingga	sistem dengan set kompor	Sumber pemanas buatan kompor dan <i>blower</i> dengan kecepatan udara 12 m/s.

CA	<i>Improving</i>	<i>Worsening</i>	<i>Inventive Principles</i>	Penjelasan	Ide Penerapan	<i>Specific Solution</i>
				sistem menjadi bagian-bagian yang mampu melakukan kerjasama terhadap satu sama lain	dapat luaran diinginkan ($\pm 90^{\circ}\text{C}$) dan menambahkan suatu perangkat berupa <i>blower</i> guna mengoptimalkan hasil pemanasan, dimana sistem pemanasan yang berfungsi untuk mengatur suhu yang akan diumpankan.	
<i>Portable</i>	<i>Adaptability Versatility</i> (35)	<i>Volume of moving object</i> (7)	15. <i>Dynamics</i>	Mendesain alat evaporasi yang dapat menyesuaikan dengan media instalasi mesin tersebut yaitu sebuah truk	Berhubungan dengan perubahan ukuran mesin yang dapat dijalankan dan disesuaikan dengan truk sehingga proses	Dimensi keseluruhan alat evaporasi dengan lebar 65 cm dan tinggi 250 cm.

<i>CA</i>	<i>Improving</i>	<i>Worsening</i>	<i>Inventive Principles</i>	Penjelasan	Ide Penerapan	<i>Specific Solution</i>
					produksi nira dapat berjalan secara langsung ketika di perkebunan tebu.	Badan penguapan memiliki volume 400 liter dan badan penampung sebesar 15 liter, serta penampung akhir sebesar 10 liter.

Prinsip tersebut diterjemahkan secara spesifik untuk diterapkan pada evaporator nira tebu seperti berikut:

1. *Process*

Atribut ini memiliki arti bahwa evaporator yang dibuat dapat melakukan proses penguapan yang lebih singkat dan cepat alat evaporasi yang ada saat ini memiliki tahapan proses penguapan hingga empat kali pengulangan proses. Hal ini terjadi karena selain suhu uap yang tidak dapat diatur, proses penguapan yang terjadi berlangsung dalam jumlah yang besar dan banyak, sehingga mengakibatkan area penguapan zat cair dari nira terbatas. Solusi spesifik yang dihasilkan adalah nira yang telah dipanaskan kemudian disemprotkan dengan kompressor sehingga terjadi proses *cyclon* dalam badan penguapan yang dapat mempercepat proses penguapan.

2. *Temperature*

Atribut ini memiliki arti bahwa alat evaporasi ini harus memudahkan dalam pengaturan suhu dan menjaga suhu nira selama siklus. Solusi spesifiknya adalah dengan menggunakan panas dari LPG dan *dryer* dengan aliran udara 2.2-36 m³/menit dan *temperature* dan *pressure gauge* untuk menjaga suhu nira agar tidak rusak karena pada alat evaporasi yang ada di pabrik memiliki sumber uap pemanas untuk proses evaporasi yang berasal dari uap panas pada proses penguapan badan evaporator yang ada. Sehingga semakin maju aliran proses evaporasi tersebut maka suhu pemanas yang digunakan akan semakin berkurang. Kisaran suhu uap umpan pun beragam dari 127°C hingga 60°C saja

3. *Portable*

Atribut ini memiliki arti bahwa pengguna membutuhkan alat evaporasi yang dapat dioperasikan secara langsung di perkebunan tebu. Adapun solusi spesifik yang dihasilkan berupa dimensi total alat evaporasi yang diusulkan memiliki lebar = 65 cm dan tinggi = 250 cm untuk menyesuaikan ukuran agar dapat dioperasikan di atas truk dengan dimensi 670 cm x 200 cm x 300 cm.

4.3 Perancangan

4.3.1 Alat dan Bahan

Berikut merupakan daftar alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat mesin evaporator:

Tabel 4 6 Alat dan Bahan

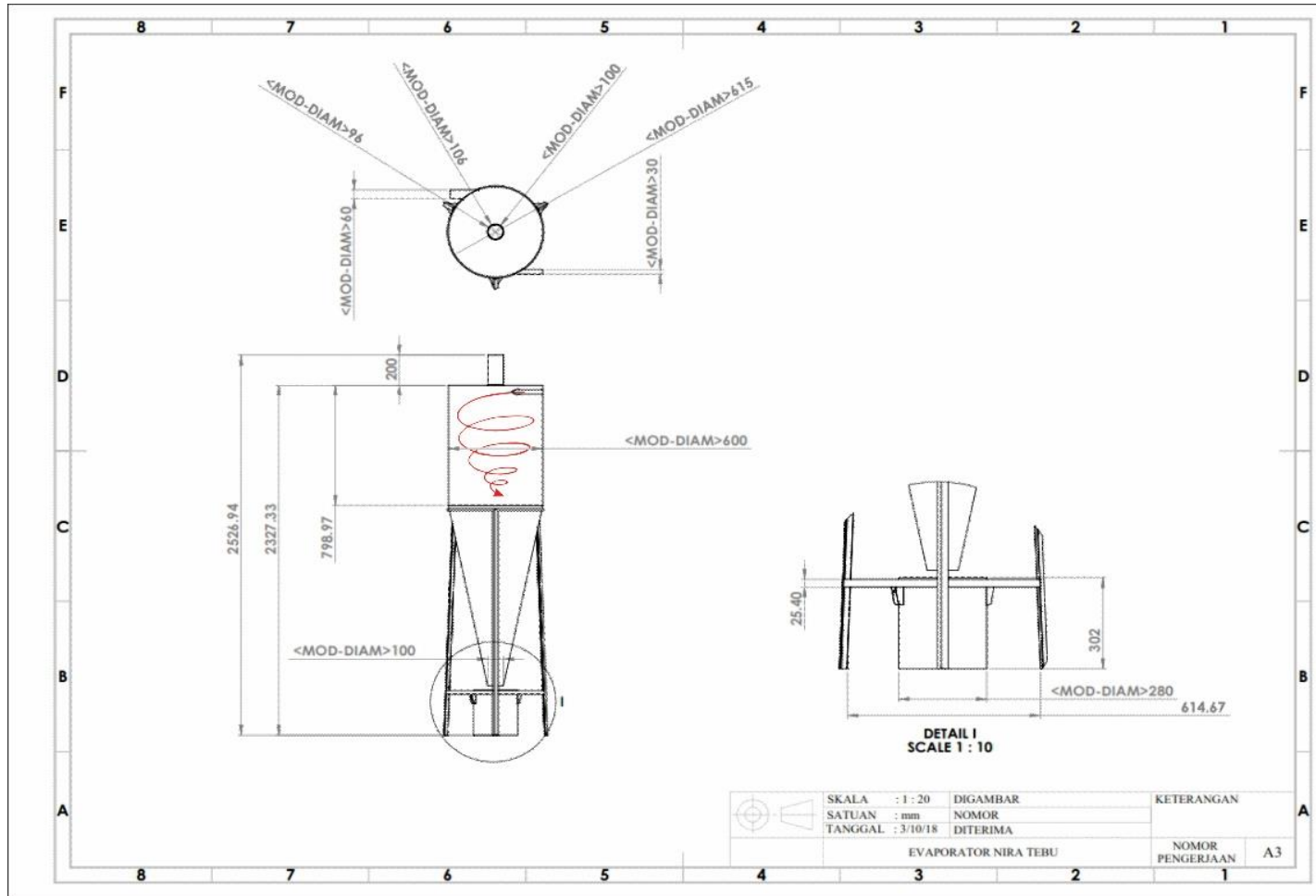
Alat dan bahan	Ukuran	Harga Satuan	Jumlah	Satuan	Biaya
<i>Stainles steel</i>	2,8 m ²	Rp320.000	2	Lembar	Rp640.000
Besi Siku	6,6 m	Rp61.000	2	Unit	Rp122.000
Kompresor		Rp3.352.000	1	Unit	Rp3.352.000
Air spray		Rp225.000	1	Unit	Rp225.000
<i>Refractometer</i>		Rp295.000	1	Unit	Rp295.000
<i>Temperature Gauge</i>		Rp300.000	1	Unit	Rp300.000
<i>Perakitan</i>		Rp600.000			Rp600.000
Total					Rp4.934.000

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa nira cair. Peralatan-peralatan yang digunakan dalam melakukan eksperimen adalah peralata utama dan peralatan analisis. Peralatan utama yaitu yang digunakan untuk meningkatkan konsentrasi nira cair yang diperoleh dari proses pemurnian yaitu berupa evaporator silinder vertikal dan alat tambahan berupa wadah untuk menampung menampung nira cair dan wadah untuk menampung nira kental yang telah melalui proses evaporasi. Peralatan analisis yang digunakan yaitu peralatan untuk menguji kadar air nira sebelum diproses dan setelah melalui proses evaporasi. Alat yang digunakan untuk menguji kadar gula dari nira adalah *refractometer*.

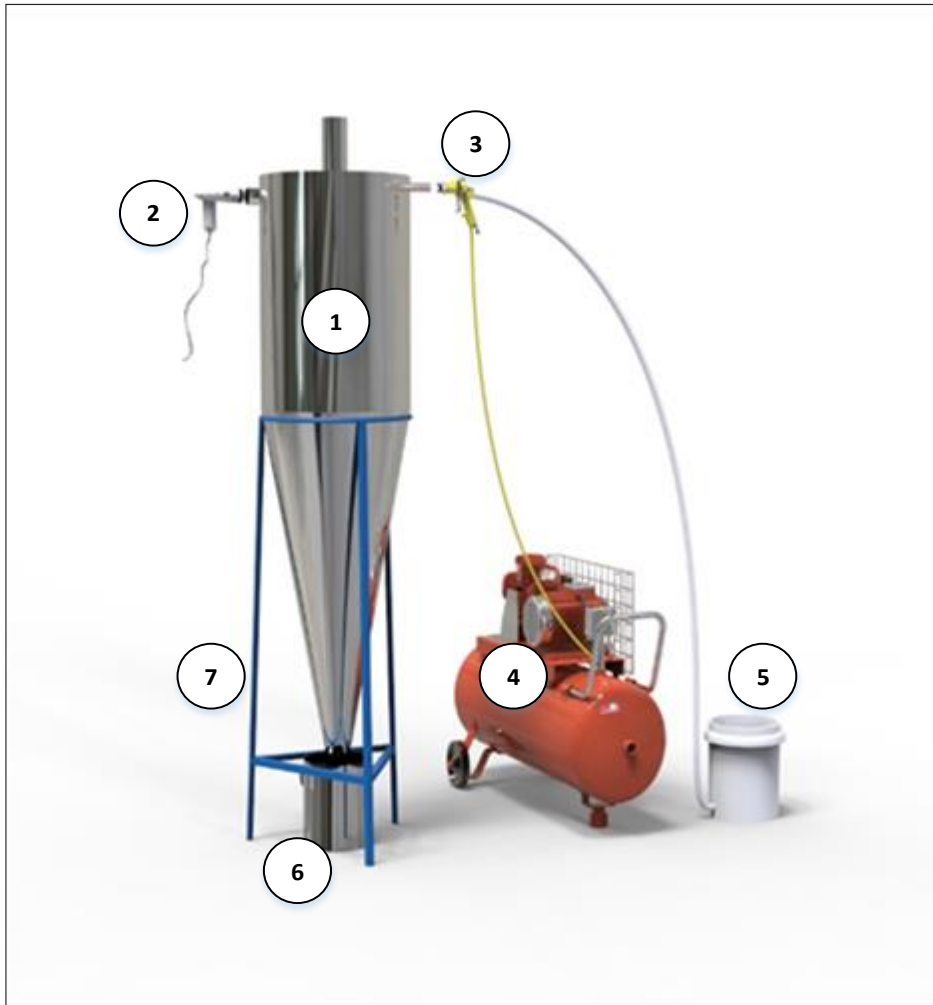
4.3.2 Perancangan dan Konstruksi

Evaporator yang digunakan dalam percobaan ini terbuat dari bahan *stainles steel* dengan ketebalan 0,3 mm. Bagian evaporator terdiri dari bagian badan (silinder), bagian tutup dan kaki penyangga. Badan evaporator ini memiliki panjang 80 cm dan diameter 60 cm dengan bentuk silinder pada bagian atas dan bentuk kerucut pada bagian bawah, bagian kerucut ini memiliki panjang 60 cm. Bagian tutup memiliki diameter yang sama dengan tabung yang diberikan lubang sebagai tempat keluarnya uap hasil pemasakan nira cair, hal ini agar evaporator tidak mengalami tekanan yang lebih dari dalam saat pemasakan. Evaporator yang dibuat ditopang dengan penyangga. Penyangga yang digunakan terbuat dari plat besi siku dengan tinggi 84 cm dan memiliki 3 kaki. Penyangga dihubungkan dengan plat besi agar ketiga kaki tersebut kokoh.

Untuk mendukung agar kerja evaporator lebih maksimal, nira dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *gas LPG*. Nira disemprotkan dengan kompresor pada lubang di sisi drum evaporator dan dibantu dengan *heat blower* atau *dryer* di salah satu lubang drum evaporasi yang lainnya. Gambar 4.2 berikut menunjukkan hasil dari perancangan yang diterjemahkan seperti *prototype* berikut



Gambar 4.2 Gambar teknik evaporator



1. Badan penguapan
2. Pemanas udara
3. Spray nira
4. Kompresor
5. Penampungan nira awal
6. Penampungan nira akhir
7. Kaki penyangga

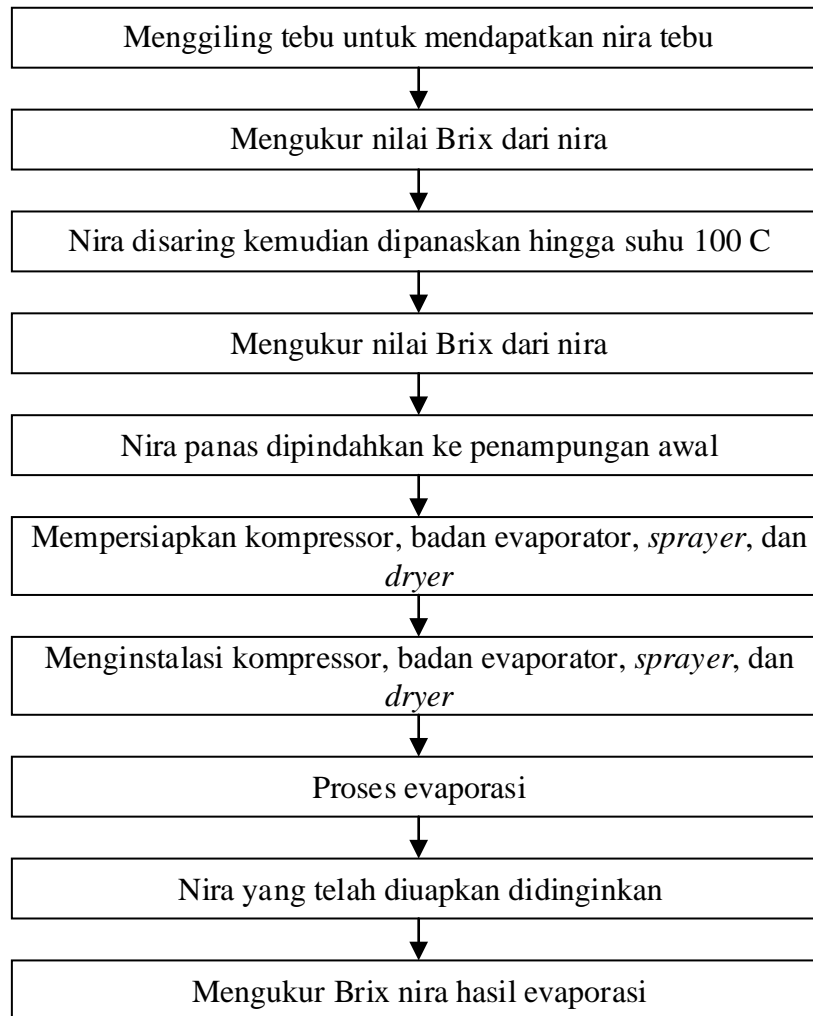
Gambar 4 2 Gambar Evaporator

4.3.3 Prinsip Kerja Alat

Perubahan perancangan juga menimbulkan perubahan pada prinsip kerja alat. Prinsip kerja alat evaporasi yang dibuat adalah dimulai penerimaan input nira cair dari stasiun pemurnian yang kemudian dipanaskan dengan suhu sekitar 80°. Nira yang telah dipanaskan akan disemprotkan dengan menggunakan kompresor melalui pipa yang terhubung ke badan penguapan. Pada lubang di sisi badan evaporator ditembakkan *heat blower* untuk memberikan udara panas sehingga membantu pemanasan nira. Tekanan dari kompresor pada pipa yang menuju sisi badan pemanas akan membentuk proses siklon, dimana nira tersebut akan berputar mengelilingi badan pemanas karena tekanan yang ada agar air dapat teruapkan secara maksimal dan nira kental yang dihasilkan sesuai dengan target produksi. Dari proses siklon tersebut, terjadi 3 proses yaitu pengendapan pada zat dengan massa jenis yang lebih besar, penguapan pada massa jenis yang lebih kecil serta pembersihan. Untuk mencegah uap uap air yang dihasilkan masih mengandung nira maka perlu dirancang dengan sedemikian rupa tinggi cerobong atau pipa hasil penguapan dan ditambah dengan pemberian alat penyaring nira yang teruapkan dibagian cerobong uap badan penguapan. Jika nira yang dihasilkan belum maksimal, maka dapat diulangi dengan proses yang sama. Hal tersebut bertujuan agar nira yang dilakukan proses penguapan akan dihasilkan nira kental dengan kadar brix minimal 60% - 65% yang akan berakhir pada badan penampung akhir sebelum dilanjutkan kedalam tahap penampungan nira kedalam drum – drum penampung nira.

4.3.4 Skema Prosedur Percobaan

Alat – alat dari mesin yang telah dirakit kemudian diinstalasi untuk melakukan uji coba terhadap mesin. Langkah – langkah percobaannya seperti pada gambar 4.5 berikut:



Gambar 4.5 Skema prosedur percobaan