

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Dalam bab ini akan dibahas segala hal mengenai pemecahan rumusan masalah dalam mencapai tujuan penelitian ini mulai dari pengumpulan data dan pengolahan data.

#### 4.1. Pengumpulan Data

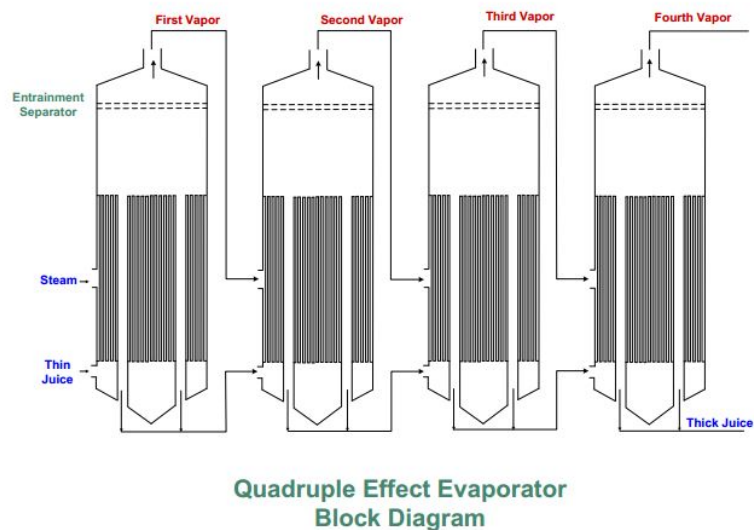
##### 4.1.1. Proses Evaporasi Nira Tebu

Proses evaporasi (penguapan) merupakan salah satu proses pembuatan kristal gula yang dilakukan di PG. Madukismo. Proses penguapan pada stasiun evaporasi ini merupakan proses lanjutan dari proses pemurnian nira pada stasiun pemurnian. Nira jernih encer (*dunsap*) hasil dari proses pemurnian menjadi bahan *input* bagi proses evaporasi. Proses penguapan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sebanyak banyaknya dengan waktu sesingkat singkatnya pada nira jernih encer sehingga nantinya akan dihasilkan nira jernih kental (*diksap*) di akhir proses penguapan pada stasiun evaporasi ini. Jumlah air yang teruapkan dalam proses ini kurang lebih sebanyak 70% dari nira encer. Prinsip proses penguapan ini adalah dengan mengubah nira jernih encer dengan padatan 16% menjadi 64% dengan ketentuan nira kental yang didapatkan memiliki brix sekitar 13 – 16 °Be.



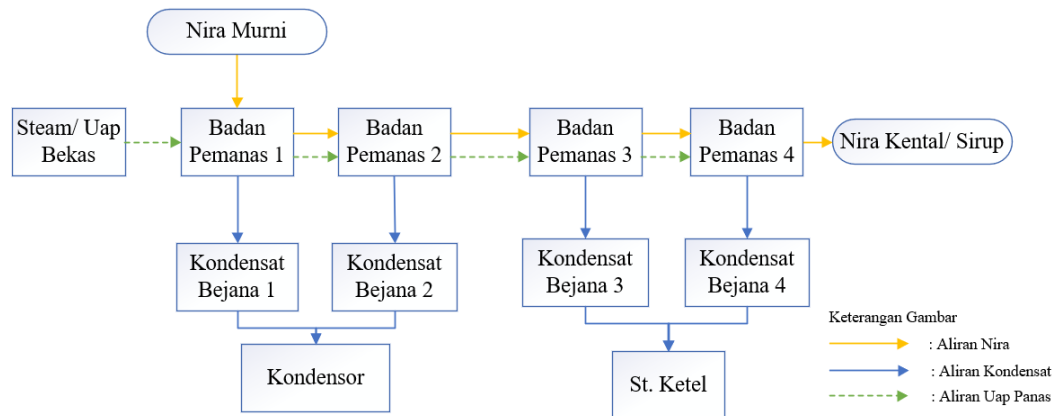
Gambar 4.1 Mesin Evaporator PG. Madukismo

Stasiun Evaporasi yang ada pada PG. Madukismo memiliki 5 buah badan pemanas yang disusun secara seri dimana empat dari jumlah tersebut bekerja aktif dalam prosesnya dan satu buah dari lima badan tersebut dijadikan cadangan, bilamana salah satu dari badan pemanas tersebut perlu dilakukan perbaikan. Kelima buah badan pemanas ini memiliki luas bidang pemanasan yang berbeda satu sama lainnya. Seluruh badan pemanas yang terdapat pada PG. Madukismo bekerja secara terus menerus dan bergantian. Penyusunan mesin secara *interchangeable* juga bertujuan untuk mempermudah pembersihan mesin dari kerak yang terbentuk dari sisa nira kental yang menempel secara bergantian. Sistem *quaruple effect* diterapkan dalam pemanasan ini dimana sistem ini memiliki konsep pemanasan yang diperlukan oleh badan pemanas berasal dari hasil pemanasan dan penguapan badan pemanas yang lainnya. Adapun skema sistem tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.2 Skema *Quadruple Effect* Mesin Evaporator

Selain skema sistem mesin evaporator, perlu juga diketahui skema proses yang terjadi pada stasiun evaporasi, yang dapat dilihat dan dijelaskan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.3 Skema Proses Evaporasi Nira Tebu

Proses evaporasi, terdiri dari sub-proses dan aktifitas sebagai berikut: Badan penguapan 1 bertugas untuk memanaskan sekaligus menguapkan nira jernih dari stasiun pemurnian, badan penguapan 2 bertugas untuk memanaskan nira yang telah dihasilkan dari badan penguapan 1, sedangkan badan penguapan 3 bertugas untuk memanaskan kembali nira dari stasiun sebelumnya (badan penguapan 2) yang nantinya akan dipanaskan kembali di badan penguapan ke 4, pada badan penguapan 4 bertugas sebagai pemanasan terakhir dan badan penguapan 5 bertugas sebagai badan penguapan pengganti apabila terdapat badan penguapan yang sedang dibersihkan atau sedang dalam perbaikan.

#### 4.1.2. Identifikasi kebutuhan *Stakeholder*

Langkah selanjutnya ialah identifikasi kebutuhan *user/* pengguna guna mencari informasi data hal – hal yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan proses evaporasi. Pengumpulan data awal dilakukan dengan melakukan penyebaran kuisisioner sekaligus wawancara untuk mengetahui permasalahan beserta fungsi atau keinginan apa saja yang diharapkan dalam pengembangan suatu alat, dalam hal ini khususnya mesin evaporasi nira tebu. Pengambilan data awal diperoleh dari total populasi suatu departemen kerja yang ada di PG. Madukismo sebanyak 26 orang yang bekerja pada bagain pabrikasi. Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil pengumpulan data awal:

Tabel 4.2 Identifikasi Keinginan *User*

No.	Permasalahan	%	Keinginan	%
1.	Pengaturan tekanan uap umpan (pemanas) belum memenuhi SOP	100	Perbaiki tekanan uap umpan (Pemanas) yang lebih baik	100
2.	Hasil brix yang sulit diprediksi	100	<i>Supply</i> pemanas yang bisa diatur sesuai SOP	100
3.	Pembersihan penangkap nira yang sulit	100	Waktu/ tahapan proses evaporasi yang lebih singkat	96
4.	Pembersihan badan pemanas yang sulit	96	Dapat dibersihkan dengan mudah baik dalam hal perencanaan maupun praktiknya	100
5.	Sulitnya mengatur debit nira yang masuk dan dikeluarkan	96	Perbaiki pengaturan nira masuk dan keluar yang mudah	100
6.	Tekanan udara dalam badan pemanas naik turun	92	Penambahan sistem <i>bleeding</i>	3,8

Setelah didaptkannya data permasalahan dan keinginan dari seluruh responden maka akan dilakukannya analisa fungsi yang dibutuhkan oleh responden/ pengguna tersebut, sehingga didaptkannya kesimpulan bahwa terdapat 5 fungsi/ aspek yang dibutuhkan untuk pengembangan alat evaporasi yang akan diteliti yaitu:

1. Kemudahan dalam pengendalian/ pengoperasian nira yang masuk (*Operability*).
2. Perawatan dan pembersihan yang mudah (*Maintenance*).
3. Tahapan proses yang lebih singkat (*Process*).
4. Kemudahan dalam penjagaan dan pengaturan suhu umpan (*Temperature*).
5. Alat yang dapat digunakan di perkebunan tebu (*Portable*).

Aspek kelima (*portable*) didaptkan karena penelitian ini memiliki tujuan lain untuk mendukung rekayasa proses bisnis industri gula, dimana proses produksi nira tebu hingga nira kental dapat dilakukan di perkebunan tebu. Adapun prosentase kebutuhan konsumen dari kelima aspek tersebut ialah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Prosentase Lima Atribut Kebutuhan *User*

No.	Fungsi yang dibutuhkan	Jumlah Nilai	Prosentase
1.	Kemudahan dalam pengendalian/ pengoperasian nira yang masuk ( <i>Operability</i> ).	128	98,46%
2.	Perawatan dan pembersihan yang mudah ( <i>Maintenance</i> ).	107	82,31%
3.	Tahapan proses yang lebih singkat ( <i>Process</i> ).	102	78,46%
4.	Kemudahan dalam penjagaan dan pengaturan suhu umpan ( <i>Temperature</i> ).	129	99,23%
5.	Mesin yang dapat digunakan di perkebunan tebu ( <i>Portable</i> ).	103	79,23%

## 4.2. Pengolahan Data

### 4.2.1. Uji Validitas dan Reliabilitas

Fungsi – fungsi yang ada pada tabel 4.1 dinyatakan *valid* apabila nilai *Corrected Item – Total Correlation* lebih dari atau sama dengan 0,388 ( $df=n-2$ ) dimana jumlah responden (n) dalam melakukan uji validitas dan uji reliabilitas berjumlah 26 orang. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS, dapat dilihat bahwa seluruh fungsi dinyatakan *valid*. Berikut merupakan gambar hasil dari uji validitas dan realibilitas terhadap 5 atribut yang dibutuhkan *user* untuk pengembangan alat evaporasi nira tebu.

	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

Gambar 4.4 Hasil Uji Validitas

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

Gambar 4.5 Hasil Uji Reliabilitas

Dapat diketahui bahwa pada hasil dari nilai *Corrected Item-Total Correlation* dengan nilai signifikansi ( $\alpha$ ) = 5% menghasilkan bahwa semua atribut memiliki nilai lebih besar dari  $r_{tabel} = 0,388$ . Hal ini menunjukkan bahwa kelima fungsi tersebut dinyatakan valid. Hasil pengujian realibilitas menggunakan SPSS, nilai *Cronbach's Alpha* kelima fungsi adalah 0,721 dan termasuk kedalam kategori *acceptable*. Kelima atribut tersebut dinyatakan konsisten dan dinyatakan akurat sehingga dapat dilanjutkan sebagai pedoman dalam perancangan pengembangan alat evaporasi.

#### 4.2.2. *Improving Feature*

Metode TRIZ menggunakan matriks kontradiksi Altshuller yang berbentuk tabel dengan 39x39 elemen yang terbagi menjadi dua bagian yaitu *improving feature* dan *worsening feature*. Untuk tahap pertama penyelesaian masalah dengan menggunakan metode TRIZ adalah mencari *improving feature*-nya terlebih dahulu. Kelima fungsi dari mesin yang diinginkan konsumen disesuaikan dengan tabel *improving feature* dari 39 parameter seperti yang dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 4.4 *Improving Feature*

No.	Fungsi	<i>Improving Feature</i>
1.	Kemudahan dalam pengendalian/ pengoperasian nira yang masuk ( <i>Operability</i> ).	<i>Ease of Operation</i> (33) & <i>Productivity</i> (39)
2.	Perawatan dan pembersihan yang mudah ( <i>Maintenance</i> ).	<i>Ease of Repair</i> (34)
3.	Tahapan proses yang lebih singkat ( <i>Process</i> ).	<i>Loss of Time</i> (25) & <i>Duration of action by a moving object</i> (15)

4.	Kemudahan dalam penjagaan dan pengaturan suhu umpam ( <i>Temperature</i> ).	<i>Temperature</i> (17) & <i>Ease of Operation</i> (33)
5.	Alat yang dapat digunakan di perkebunan tebu ( <i>Portable</i> ).	<i>Portable or Versality</i> (35)

#### 4.2.3. *Worsening Feature*

Tahap selanjutnya setelah *improving feature* adalah penentuan nilai *worsening feature*. Tahap ini menunjukkan dampak apa saja yang akan terjadi ketika hal itu dilakukan. Berikut adalah tabel *worsening feature*.

Tabel 4.5 *Worsening Feature*

No.	Fungsi	<i>Worsening Feature</i>
1.	Kemudahan dalam pengendalian/ pengoperasian nira yang masuk ( <i>Operability</i> ).	<i>Extent of Automation</i> (38)
2.	Perawatan dan pembersihan yang mudah ( <i>Maintenance</i> ).	<i>Ease of Manufacture</i> (32)
3.	Tahapan proses yang lebih singkat ( <i>Process</i> ).	<i>Use of Energy by Stationary Object</i> (20)
4.	Kemudahan dalam penjagaan dan pengaturan suhu umpam ( <i>Temperature</i> ).	<i>Use of Energy by Stationary Object</i> (20)
5.	Mesin yang dapat digunakan di perkebunan tebu ( <i>Portable</i> ).	<i>Volume of Stationary Object</i> (8) & <i>Ease of Manufacture</i> (32)

#### 4.2.4. Matriks Kontradiksi TRIZ

Dalam tahap ini dilakukan penentuan *inventive principles* berdasarkan kontradiksi yang terjadi diantara *improving feature* dan *worsening feature*. Titik temu antar elemen – elemen yang ada akan menghasilkan nomor-nomor yang menunjukkan *inventive principles* yang akan menjadi acuan untuk merancang pengembangan desain usulan alat evaporasi selanjutnya.

Tabel 4.6 Persimpangan pada Fungsi 1 (*Operability*)

<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>
	<i>Extent of Automation (38)</i>
<i>Ease of Operation (33)</i>	1, 34, 12, 3
<i>Productivity (39)</i>	5, 12, 35, 26

Fungsi kemudahan dalam pengendalian/ pengoperasian nira masuk (*Operability*) memiliki *improving feature* berupa *ease of operation (33)* dan *productivity (39)* karena dalam pengembangan mesin yang akan dilakukan akan memiliki nilai tambah berupa kemudahan dalam pengendalian nira yang juga akan berdampak pada meningkatnya produktifitas mesin. Sedangkan dampak buruk/ *worsening feature* yang timbul dari pengembangan tersebut ialah diperlukanya bagian otomasi tambahan guna membantu pengoperasian nira yang masuk tersebut (*Extent Automation*). Sedangkan *inventive principles* yang dihasilkan dari persimpangan kedua fitur tersebut ialah prinsip 12, 1, 34, 3, 5, 35, 26

Selanjutnya perlu diketahui dan dipahami terlebih dahulu penjelasan dari setiap *inventive principles* yang telah dihasilkan dari tabel persimpangan tiap jenis fungsi sebelum dilakukan pengambilan keputusan prinsip yang sesuai untuk diterapkan, adapun penjelasan *inventive principles* dari persimpangan yang dihasilkan diantaranya ialah sebagai berikut.

- a. Prinsip 5. *Merging or Combining* (Penggabungan)
  - Menggabungkan objek atau sistem yang identik/ sama dan menggabungkan bagian yang identik untuk melakukan operasi paralel.
  - Membuat operasi bersebelahan atau sejajar dalam waktu yang bersamaan.
- b. Prinsip 34. *Discarding and Recovering* (Menghilangkan dan Memperbaiki)
  - Membuat atau menghilangkan bagian-bagian dari objek atau sistem atau memodifikasi secara langsung selama operasi.
  - Mengembalikan bagian-bagian yang dihilangkan selama operasi berjalan.
- c. Prinsip 35. *Parameter Changes* (Transformasi)



- 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 Fungsi 2 (*Maintenance*)

<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>
	<i>Ease of Manufacture</i> (32)
<i>Ease of Repair</i> (34)	1, 35 11, 10

Fungsi kemudahan dalam perawatan dan pembersihan mesin (*Maintenance*) memiliki *improving feature* berupa *ease of repair* (34) karena dalam pengembangan mesin yang akan dilakukan akan memiliki nilai tambah berupa kemudahan dalam pembersihan maupun perbaikan bagian mesin. Namun fitur tersebut memiliki dampak buruk yang terletak pada aspek *Ease of Manufacture* (32) yaitu akan berdampak pada kesulitan dalam pembuatan bagian mesin itu sendiri. Sedangkan *inventive principles* yang dihasilkan guna menghadapi masalah kontradiksi dari persimpangan kedua fitur tersebut ialah berupa prinsip 1, 10, 11 dan 35, dengan penjelasan sebagai berikut.

- a. Prinsip 1. *Segmentation*
  - Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian – bagian tersendiri.
  - Membuat suatu objek atau sistem mudah untuk dibongkar.
  - Meningkatkan derajat fragmentasi atau segmentasi.
- b. Prinsip 10. *Prior Action* (Persiapan)
  - Melakukan tindakan persiapan untuk sebuah objek atau sistem baik lengkap maupun sebagian dari sistem atau objek tersebut.
  - Mengatur objek atau sistem sehingga dapat lepas dari zona nyaman tanpa memakan waktu yang cukup lama.
- c. Prinsip 11. *Cushion in advance, compensate before* (Pengamanan)
  - Menyiapkan tindakan pengamanan dalam melakukan uji coba dari objek atau sistem.

- d. Prinsip 35. *Transformation of the physical and chemical states of an object, parameter change, changing properties* (Transformasi)
- 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 4.8 Persimpangan pada Fungsi 3 (*Process*)

<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>
	<i>Use of Energy by Stationary Object (20)</i>
<i>Loss of Time (25)</i>	1
<i>Duration of action by a moving object (15)</i>	28, 6, 35, 18

Fungsi waktu proses yang lebih singkat (*effectivity*) memiliki *improving feature* berupa *Loss of Time (25)* dan *Duration of action by a moving object (15)* karena dampak baik dari fungsi yang diinginkan untuk membuat suatu proses penguapan menjadi lebih cepat ialah mengurangi waktu aktivitas evaporasi sehingga waktu yang dibutuhkan untuk penguapan menjadi lebih singkat. Namun dengan dampak buruk (*worsening feature*) dapat berupa kebutuhan pemakaian energi yang lebih ekstra. Sedangkan *inventive principles* yang dihasilkan guna menghadapi masalah kontradiksi dari persimpangan kedua fitur tersebut ialah berupa prinsip 1, 28, 6, 35 dan 18, dengan penjelasan sebagai berikut.

- a. Prinsip 1. *Segmentation*
- Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian – bagian tersendiri.
  - Membuat suatu objek atau sistem mudah untuk dibongkar.
  - Meningkatkan derajat fragmentasi atau segmentasi.
- b. Prinsip 28. *Mechanic Substitution* (Penggantian Sistem / Teknik)
- Mengganti hal yang mekanis dengan perasaan (penglihatan, pendengaran, perasa atau penciuman) yang lebih berarti.

- Untuk menyeimbangkan berat/beban dari suatu objek atau sistem agar dapat berinteraksi dengan lingkungan sekitar (misalnya menggunakan aerodinamis, hidrodinamik, daya apung dan kekuatan lainnya).
- c. Prinsip 6. *Universality* (Multiguna / Multifungsi)
  - Membuat sebagian objek atau sistem dengan melakukan fungsi ganda untuk menghilangkan kebutuhan pada bagian yang lainnya.
  - Menggunakan fitur standar.
- d. Prinsip 35. *Transformation of the physical and chemical states of an object, parameter change, changing properties* (Transformasi)
  - 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.
- e. Prinsip 18. *Mechanical Vibration* (Penggetaran)
  - Penyebab suatu objek atau sistem untuk berosilasi atau bergetar.
  - Meningkatkan frekuensi bahkan sampai ke ultrasonik.
  - Gunakan *vibrator piezoelektrik* yang bukan mekanik.
  - Gunakan kombinasi ultrasonik dan osilasi medan elektromagnetik

Tabel 4.9 Persimpangan pada Fungsi 4 (*Temperature*)

<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>
	<i>Use of Energy by Stationary Obj. (20)</i>
<i>Temperature (17)</i>	19, 15, 3, 17,
<i>Ease of Operation (33)</i>	1, 13, 24

Fungsi *temperature* (kemudahan dalam penjagaan dan pengaturan suhu umpan) menghasilkan *improving feature* berupa *Temperature (17)* dan *Ease of Operation (33)* dikarenakan dampak dari pengembangan mesin tersebut diharapkan dapat menjaga dan membuat kondisi termal mesin yang dihasilkan sesuai dengan keinginan dan dapat dikendalikan sewaktu waktu. Adapun *worsening feature* yang dihasilkan dari pengembangan tersebut ialah bahwa energi yang diperlukan untuk

membuat suhu termal mesin tersebut cenderung tinggi dan konstan karena perlu menyesuaikan sifat nira dan parameter proses penguapan, yaitu dengan suhu umpan  $\pm 90^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan *inventive principles* yang dihasilkan guna menghadapi masalah kontradiksi dari persimpangan kedua fitur tersebut ialah berupa prinsip 19, 15, 3, 17, 1, 13 dan 24 dengan penjelasan diantaranya sebagai berikut:

- a. Prinsip 19. *Periodic Action* (Periodisasi)
  - Melakukan jeda (periodik).
  - Apabila sudah ada jeda, maka perlu diatur besar/ kecil dari masa jeda tersebut.
  - Gunakan jeda tersebut untuk melakukan tindakan yang berbeda.
  
- b. Prinsip 17. *Another Dimensions* (Penambahan Dimensi)
  - Memindahkan objek atau sistem dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi.
  - Menggunakan *multy-story* dalam menyusun objek atau sistem bukan menggunakan *single-story*.
  - Re-orientasi dari objek atau sistem. Menggunakan bagian lain dari sebuah objek atau sistem.
  
- c. Prinsip 24. *Intermediary* (Perantara)
  - Gunakan operator atau proses sebagai perantara.
  - Menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain (yang dapat dengan mudah dihilangkan).

Tabel 4.10 Persimpangan pada Fungsi 5 (*Portable*)

<b><i>Improving Feature</i></b>	<b><i>Worsening Feature</i></b>	
	<i>Volume of Stationary Object</i> (8)	<i>Ease of Manufacture</i> (32)
<i>Portable or Versality</i> (35)	15, 35, 29	1, 13, 31

Pada fungsi *Portable* (Mesin yang dapat digunakan di perkebunan tebu) dihasilkan *improving feature* berupa *Portable or Versality* (35) karena pengembangan alat evaporasi diharapkan dapat menyesuaikan dimensi maupun kebutuhan mesin yang

dapat bekerja di perkebunan tebu, sehingga proses produksi dapat berlangsung secara *mobile process*. Adapun hasil analisa *worsening feature* yang dihasilkan berupa penyusutan ukuran volume mesin (*Volume of Stationary Object*) evaporator yang juga disesuaikan dengan ukuran media instalasi mesin yaitu berupa truk dan dampak kontradiksi yang lainnya ialah diperlukanya pembuatan alat dan bagian mesin khusus yang juga harus disesuaikan dengan ukuran truk. Sedangkan *inventive principles* yang dihasilkan guna menghadapi masalah kontradiksi dari persimpangan kedua fitur tersebut ialah berupa prinsip 15, 35, 29, 1, 13 dan 21 dengan penjelasan diantaranya sebagai berikut

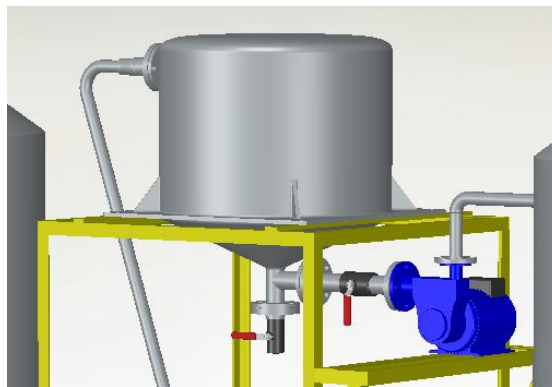
- a. Prinsip 15. *Dynamics* (Pendinamisan / Adaptasi)
  - Mendesain sifat-sifat sebuah objek, lingkungan sekitar atau prosesnya untuk mencari kondisi yang lebih optimal.
  - Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian yang mampu melakukan kerjasama terhadap satu sama lain.
  - Jika suatu objek atau proses kaku atau tidak fleksibel maka objek atau proses tersebut dibuat untuk bergerak agar dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar.
- b. Prinsip 35. *Transformation of the physical and chemical states of an object, parameter change, changing properties* (Transformasi)
  - Mengubah parameter sebuah objek atau sistem (misalnya untuk gas, cair atau padat).
  - Mengubah konsentrasi atau konsistensi.
  - Mengubah tingkat fleksibilitas.
- c. Prinsip 1. *Segmentation*
  - Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian – bagian tersendiri.
  - Membuat suatu objek atau sistem mudah untuk dibongkar.
  - Meningkatkan derajat fragmentasi atau segmentasi.
- d. Prinsip 31. *Porous Materials* (Pemakaian Material Berpori / Rongga)
  - Buat objek atau sistem menggunakan material berongga sebagai pelapis.

#### 4.2.5. Penerapan *Inventive Principles* Tiap Atribut

Langkah selanjutnya ialah menentukan *specific solution* yang dapat berupa dalam bentuk ide penerapan yang akan dikembangkan berdasarkan pendekatan *inventive principles* dari tiap penyimpangan fungsi atribut kebutuhan yang telah dianalisa. Sehingga didapatkan solusi spesifik sebagai berikut:

##### 1. *Operability*

Atribut ini memiliki arti bahwa pengguna membutuhkan alat evaporasi yang dapat memudahkan pengguna dalam melakukan pengaturan nira yang akan masuk kedalam badan penguapan. Solusi spesifik yang dihasilkan dapat berupa menambahkan penampung nira dengan volume mencapai 150 liter dengan bahan *stainless steel* tipe 304, ketebalan 3 mm dan dimensi ukuran lebar = 60 cm serta tinggi = 53 cm. Spesifikasi *valve* yang diperlukan pada setiap sistem pengaliran nira sama yaitu dengan jenis *ball valve* tipe SS 304, dengan diameter 1 – 1,2 inch. Pompa yang dibutuhkan dengan kapasitas 35 liter/ menit dengan diameter pipa sebesar 1 – 1,25 inch. Berikut merupakan hasil visualisasi atau desain dari ide penerapan prinsip tersebut.

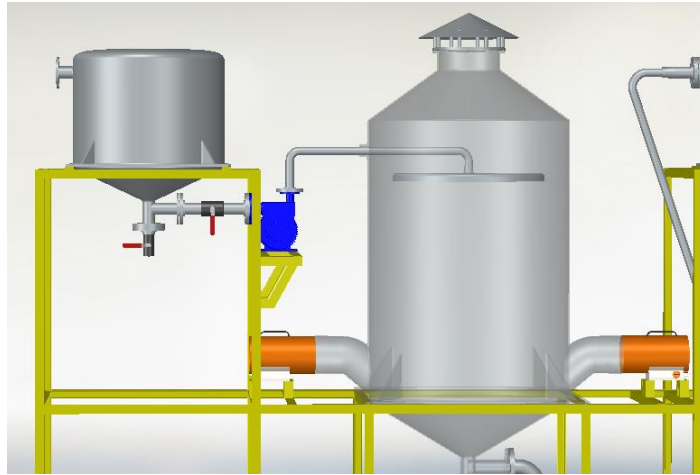


Gambar 4.6 Hasil Penerapan Ide pada Fungsi *Operability*

##### 2. *Maintenance*

Atribut ini memiliki arti bahwa pengguna membutuhkan alat evaporasi yang mudah dilakukan perawatan serta pembersihan. Solusi spesifik yang dihasilkan berupa pembagian alat evaporasi kedalam 4 bagian utama yang terdiri dari badan penguapan dengan volume 400 liter, badan penampung nira dengan volume berkisar antara 50 liter – 150 liter, sistem pengaturan aliran nira beserta pipanya dan kerangka alat berbahan dasar plat besi tipe

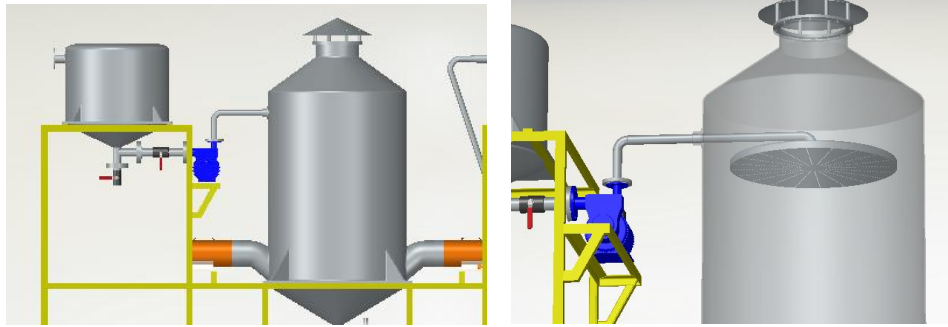
M4 - M30, dimensi 5,5 m x 1 m x 2 m dan dengan ketebalan 0,25 inch – 0,75 inch. Luas permukaan badan penguapan bagian dalam mencapai 4200 cm<sup>2</sup> dengan diameter 80 cm. Dan solusi spesifik selanjutnya ialah pipa pembuangan berukuran 1–1,2 inch dan *valve* tipe *butterfly valve* 1,5 inch. Sehingga didapatkan visual bagian desain usulan alat evaporasi yang sebagai berikut.



Gambar 4.7 Hasil Penerapan Ide pada Fungsi *Maintenance*

### 3. *Process*

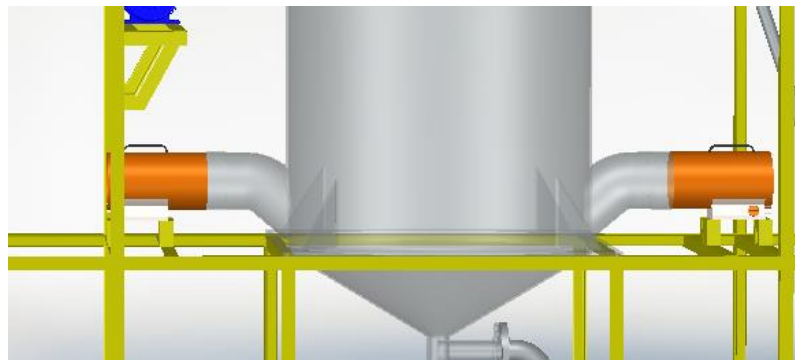
Atribut ini memiliki arti bahwa pengguna membutuhkan alat evaporasi yang dapat melakukan proses penguapan yang lebih singkat dan lebih cepat. Solusi spesifik yang dihasilkan berupa memberikan sistem penyemprot nira yang akan diupkan berupa *shower* yang berukuran 600 mm dengan *nozzle* (pori-pori) sebesar 1-3 mm yang diletakan dibagian dalam badan penguapan dengan jarak ketinggian  $\frac{3}{4}$  dari tinggi badan penguapan. Pemangkasan pengulangan proses penguapan yang sebelumnya dilakukan 4 kali pengulangan proses evaporasi menjadi 2 kali proses. Adapun hasil dari penerapan ide tersebut dapat digambarkan pada desain fungsi alat evaporasi usulan sebagai berikut.



Gambar 4.8 Hasil Penerapan Ide pada Fungsi *Process*

#### 4. *Temperature*

Atribut ini memiliki arti bahwa pengguna membutuhkan alat evaporasi yang dapat memudahkan dalam pengaturan dan menjaga suhu umpan penguapan tersebut. Adapun solusi spesifik yang dihasilkan berupa pemberian sumber pemanas buatan dengan dimensi ukuran panjang 600mm, lebar 400mm dan tinggi 100mm, *blower* dengan aliran udara 2.2-36 m<sup>3</sup>/menit. *Automatic Thermocouple* dengan *refresh rate* 4 kali/ detik dan tingkat akurasi 2% serta alat *solenoid valve* berbahan dasar *stainless steel* 304 & 316 yang mampu menahan tekanan hingga 170 bar. Adapun hasil visualisasi atribut tersebut dalam rancangan alat evaporasi yang diusulkan dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 4.9 Hasil Penerapan Ide pada Fungsi *Temperature*

#### 5. *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 panjang = 550 cm, lebar = 87 cm dan tinggi = 250 cm dan juga



yang perlu dilakukan penyesuaian ukuran ialah badan penguapan dan badan penampung. Badan penguapan memiliki volume 400 liter dan badan penampung 1 & 2 sebesar 150 liter, tanki *buffer* = 50 liter serta badan penampung akhir sebesar 120 liter. Maka didapatkanlah gambaran alat evaporasi usulan yang disesuaikan dengan ukuran truk seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.10 Hasil Penerapan Ide pada Fungsi *Portable*

Adapun hasil penerapan *inventive principles* berupa solusi spesifik juga dapat diperlihatkan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 4.11 Penerapan *Inventive Principles* Tiap Fungsi

<b>CA</b>	<b><i>Inventive Principles</i></b>	<b>Penjelasan</b>	<b>Ide Penerapan</b>	<b><i>Specific Solution</i></b>
<b>Operability</b>	(12) <i>Equipotentially</i>	Penyelarasan <i>input</i> (nira masuk) dengan <i>output</i> (nira yang akan diuapkan)	1. Membuat penampung nira sebelum dilakukan proses penguapan di setiap badan penguapan.	Volume penampung nira = 150 liter, ketebalan 3 mm, dimensi ukuran lebar = 60 cm, tinggi 53 cm, berbahan dasar <i>SS 304</i> . <i>Ball Valve</i> tipe 304, diameter 1-1,2 inch. Pompa dengan kapasitas 35 liter/menit dengan diameter <i>inlet/ outlet</i> = 1-1¼ inch.
	(1) <i>Segmentation</i>	Memisahkan nira yang akan diproses		
	(34) <i>Discard and Recover</i>	Penambahan objek/ sistem yang bertugas sebagai gerbang pembuka dan penutup untuk nira	2. Penyelarasan suatu sistem aliran nira yang akan diuapkan di badan penguapan dari badan penampung nira dengan penambahan <i>valve</i> dan pompa guna mempermudah pengoperasian aliran nira tersebut.	
	(5) <i>Merging and Combining</i>	Membuat sistem pengoperasian nira yang bersebalahan/ sejajar dalam waktu bersamaan		

<b>CA</b>	<b><i>Inventive Principles</i></b>	<b>Penjelasan</b>	<b>Ide Penerapan</b>	<b><i>Specific Solution</i></b>
<b>Maintenance</b>	(1) <i>Segmentation</i>	Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian – bagian tersendiri dan membuat suatu objek atau sistem mudah untuk dibongkar	3. Membuat setiap bagian mesin menjadi beberapa bagian utama yang dapat dibongkar pasang untuk memudahkan saat melakukan pembersihan maupun perawatan.	vVolume badan penguapan 400 liter, badan penampung berkisar 50-150 liter dan kerangka alat dari plat besi tipe M4-M30 dengan dimensi 5,5m x 1m x 2m ketebalan 0,25-0,75 inch.  Luas permukaan badan penguapan mencapai 4200 cm <sup>2</sup> dengan diameter 80 cm, pipa pembuangan berukuran 1–1,2 inch dan <i>valve</i> tipe <i>butterfly valve</i> 1,5 inch
	(35) <i>Transformation</i>	Mengubah tingkat fleksibilitas	4. Mengubah kompleksitas bagian dalam badan pemanas menjadi lebih sederhana sehingga area kontak lebih luas dengan menghilangkan pipa – pipa kecil yang ada.	
	(11) <i>Cushion in advance, compensate before</i>	Menyiapkan tindakan pengamanan dalam melakukan uji coba dari objek atau sistem	5. Penambahan sistem aliran pembuangan nira sisa hasil proses evaporasi termasuk pipa pembuangan dan <i>valve</i> .	
	(10) <i>Prior Action</i>	Melakukan tindakan persiapan untuk sebuah objek atau sistem baik lengkap maupun sebagian dari sistem atau objek tersebut.		

<b>CA</b>	<b><i>Inventive Principles</i></b>	<b>Penjelasan</b>	<b>Ide Penerapan</b>	<b><i>Specific Solution</i></b>
<b>Process</b>	(1) <i>Segmentation</i>	Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian – bagian tersendiri	6. Membagi alat evaporasi kedalam dua bagian utama yaitu badan penampung dan badan penguapan. (berhubungan dengan ide penerapan ke-1)	<p>Penambahan alat penyemprot <i>shower</i> yang berdiameter 600 mm dengan <i>nozzle</i> (pori-pori) sebesar 1-3 mm, berbahan dasar <i>stainless steel</i> tipe 304/ 316. Jarak penempatan tinggi <i>shower</i> <math>\frac{3}{4}</math> dari ketinggian badan penguapan.</p>
	(28) <i>Mechanic Substitution</i>	Mengganti sistem/ teknik penguapan dengan mempertimbangkan sifat/ faktor yang mempengaruhi evaporasi	Tidak ada ide	
	(6) <i>Universality</i>	Menggunakan fitur standar	Tidak ada ide	
	(35) <i>Transformation</i>	Merubah/ mengganti konsep penguapan dengan konsep yang lebih cepat	7. Mengubah konsep penguapan dengan cara mengubah bentuk nira umpan menjadi bentuk <i>droplet</i> yang menjadikan permukaan penguapan nira lebih luas. (ide ini dipicu oleh prinsip 28 <i>mechanic substitution</i> )	

CA	<i>Inventive Principles</i>	Penjelasan	Ide Penerapan	<i>Specific Solution</i>
<i>Temperature</i>	19. <i>Periodic Action</i>	Melakukan jeda saat suhu termal mesin melebihi batas yang diinginkan/ diperlukan.	8. Mengubah sistem pemanasan dengan menambahkan set pemanas berupa kompor buatan yang didesain sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan luaran suhu yang diinginkan ( $\pm 90^{\circ}\text{C}$ ) dan menambahkan suatu perangkat berupa <i>blower</i> guna mengoptimalkan hasil pemanasan, dimana sistem pemanasan tersebut diberikan alat <i>automatic thermocouple</i> yang berfungsi untuk mengatur suhu yang akan diumpankan.	Sumber pemanas buatan dengan dimensi ukuran panjang 600mm, lebar 400mm dan tinggi 100mm, <i>blower</i> dengan aliran udara 2.2-36 m <sup>3</sup> /menit. <i>Automatic Thermocouple</i> dengan <i>refresh rate</i> 4 kali/ detik dan tingkat akurasi 2% serta alat <i>solenoid valve</i> berbahan dasar <i>stainless steel</i> 304 & 316
	15. <i>Dynamics</i>	Mendesain sifat-sifat sebuah objek, lingkungan sekitar atau prosesnya untuk mencari kondisi yang lebih optimal dan membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian yang mampu melakukan kerjasama terhadap satu sama lain		
	3. <i>Local Quality</i>	Membuat sistem pemanas untuk mengoptimalkan proses evaporasi		
	17. <i>Another Dimensions</i>	Re-orientasi dari objek atau sistem. Menggunakan bagian		

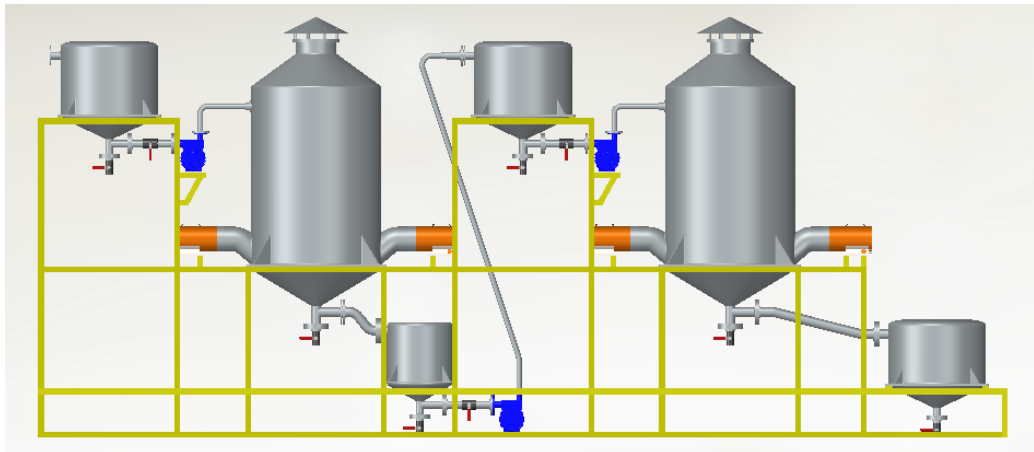
<b>CA</b>	<b><i>Inventive Principles</i></b>	<b>Penjelasan</b>	<b>Ide Penerapan</b>	<b><i>Specific Solution</i></b>
		lain dari sebuah objek atau sistem.		
<b>Portable</b>	15. <i>Dynamics</i>	Mendesain alat evaporasi yang dapat menyesuaikan dengan media instalasi mesin tersebut yaitu sebuah truk.	Berhubungan dengan perubahan ukuran mesin yang dapat dijalankan dan disesuaikan dengan truk sehingga proses produksi nira dapat berjalan secara langsung ketika di perkebunan tebu.	Dimensi keseluruhan alat evaporasi dengan panjang 550cm, lebar 87cm dan tinggi 250cm. Badan penguapan memiliki volume 400 liter dan badan penampung 1 & 2 sebesar 150 liter, tanki <i>buffer</i> = 50 liter serta badan penampung akhir sebesar 120 liter.
	35. <i>Transformation</i>	Mengubah tingkat fleksibilitas.		
	29. <i>Pneumatics and Hydraulics</i>	Menggunakan sistem pneumatik atau hidrolis yang tidak ada di dalam objek atau sistem.	Tidak ada ide	
	1. <i>Segmentation</i>	Membagi bagian dari suatu objek/ sistem kedalam bagian – bagiannya tersendiri.	Ide pada prinsip ini telah terwakili oleh ide ke-1,3 dan 6.	

Keterangan *Customers Attributes (CA)*:

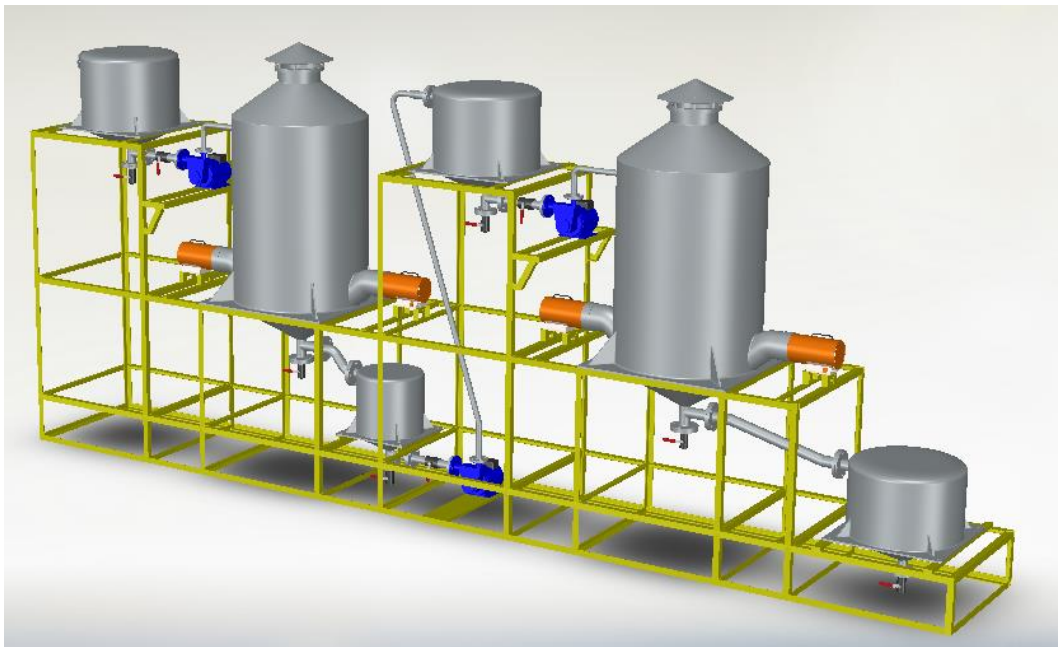
- *Operability* : Kemudahan dalam pengendalian/ pengoperasian nira yang masuk.
- *Maintenance* : Perawatan dan pembersihan yang mudah.
- *Process* : Tahapan proses yang lebih singkat.
- *Temperature* : Kemudahan dalam penjagaan dan pengaturan suhu umpan.
- *Portable* : Mesin yang dapat digunakan di perkebunan tebu.

#### 4.2.6. Virtual Desain

Setelah diketahui *specific solution* yang ingin diterapkan maka langkah selanjutnya ialah merancang sebuah desain pengembangan dari sistem yang sudah ada dengan penambahan, perubahan atau pengurangan berdasarkan pengembangan ide *inventive principles* yang terpilih. Sehingga didapatkan desain usulan alat evaporasi dari penerapan *inventive principles* yang digambarkan menggunakan *software Solidworks 2017* sebagai berikut.



Gambar 4.11 Gambar Alat Secara Keseluruhan



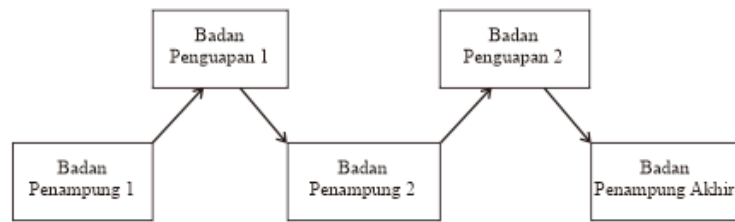
Gambar 4.12 Tampak Alat Secara *Isometric*



#### 4.2.7. Prinsip Kerja Alat

Perubahan perancangan menimbulkan perubahan pada prinsip kerja alat. Adapun prinsip kerja alat evaporasi yang diusulkan dimulai dari penerimaan input nira cair murni dari hasil stasiun pemurnian dengan suhu sekitar 80°C masuk kedalam badan penampung pertama dengan kapasitas 120 liter sebelum masuk kedalam badan penguapan satu dengan tujuan untuk melancarkan aliran nira yang akan di semprotkan menggunakan penyemprot yang ada di dalam badan penguapan pertama menggunakan bantuan pompa air sehingga nira yang dihasilkan akan berubah menjadi bentuk *droplet* (tetesan) dengan tujuan agar memperbesar permukaan nira yang akan diuapkan sehingga proses penguapan akan lebih cepat terjadi. Tetesan nira yang jatuh didalam badan penguapan akan dipanaskan kembali menggunakan dua buah uap panas yang dihasilkan oleh alat bantu pemanas buatan yang mampu menghasikan uap panas dengan suhu kurang lebih sekitar 90°C dengan tujuan air yang teruapkan dan nira kental yang dihasilkan dapat sesuai dengan target produksi. Agar mencegah 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. Hasil dari nira yang teruapkan kandungan airnya akan jatuh kedalam tengah tengah pipa aliran yang selanjutnya akan masuk kedalam badan penampung kedua. Sebelum masuk kedalam badan penampung kedua, nira sebelumnya ditampung terlebih dahulu didalam tangki *buffer* sebelum dipompa keatas menuju badan penampung kedua. Prinsip kerja alat pada badan pemanas kedua sama seperti prinsip kerja alat pada badan penguapan pertama mulai dari masuknya nira kental kedalam badan penampung kedua yang nantinya akan dipompa dan disemprotkan didalam badan penguapan kedua dan seterusnya. 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.

Adapun skema porses aliran nira yang terjadi pada perancangan alat evaporasi usulan dapat digambarkan sebagai berikut.



Keterangan  
 —→ : Aliran Nira

Gambar 4.13 Skema Aliran Nira pada Perancangan Alat Usulan

#### 4.2.8. Validasi Desain Usulan

Verifikasi perancangan usulan alat dilakukan dengan melakukan pengujian validitas untuk mengetahui kesesuaian perancangan alat evaporasi secara *mobile* yang diusulkan dengan kebutuhan *stakeholder*. Pada tingkat signifikansi 5% didapatkan hasil yang ditunjukkan oleh tabel sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Uji *Marginal Homogeneity*

No.	Atribut	Nilai Sig.
1.	Kemudahan Pengendalian Nira Masuk	0.841
2.	Kemudahan Pembersihan	0.131
3.	Tahapan Proses yang Singkat	0.201
4.	Pengaturan Suhu Umpan yang baik	0.127
5.	Dapat Digunakan di Perkebunan Tebu	0.144

Dengan hipotesis yang digunakan ialah sebagai berikut:

H0: Tidak dapat perbedaan yang signifikan antara atribut kebutuhan *stakeholder* dengan rancangan alat evaporasi yang diusulkan.

H1: Terdapat perbedaan yang signifikan antara atribut kebutuhan *stakeholder* dengan rancangan alat evaporasi yang diusulkan.

Dari hasil uji *Marginal Homogeneity* yang dilakukan dengan hipotesa yang digunakan, maka didapatkan bahwa keseluruhan hasil uji memiliki nilai sig. > 0,05 maka H0 diterima, sehingga dapat dikatakan perancangan alat evaporasi yang diusulkan telah sesuai dengan kebutuhan *stakeholder*.