

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini memuat penelitian-penelitian sebelumnya yang serupa dengan yang dilakukan peneliti baik dari penggunaan metode maupun objek yang dibahas.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Nazaruddin, Hapsoh, & Afrian, 2015) mengadakan penelitian pada madu hutan yang mengandung kadar air 26%. Hal tersebut tidak sesuai dengan standar SNI 01-3545-2004 yang mengharuskan kandungan air dari madu adalah maksimal 22% dan proses pengeringan tidak melebihi 40°C. Oleh karena itu, peneliti melakukan perancangan vacuum evaporator dengan kapasitas produksi 50 liter. Komponen yang dirancang adalah *shell*, *head* dan *support* serta impeller untuk mempercepat distribusi temperature dalam bejana. Perancangan tersebut disesuaikan dengan standar *ASME section VIII Boiler and Pressure Vessel Code*. Dari hasil perhitungan dan penelitian, diperoleh data ukuran diameter dan ketebalan dari komponen tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan diantaranya oleh (Farhamsyah, 2007) berupa mesin pemanas nira kelapa dengan menggunakan bahan bakar biodiesel. Prinsip kerja alat tersebut adalah perpindahan panas dari *burner* menuju tabung pemasak (evaporator), pada tabung pengolahan terdapat poros pengaduk yang diputar secara periodik yang berfungsi untuk mengaduk nira. Proses pemanasan dilakukan secara *continue* sehingga nira yang mendidih menguap dan siap dicetak untuk menjadi gula merah, sedangkan dalam segi bahan bakar menggunakan biodiesel adalah ramah lingkungan dan merupakan solusi untuk menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang.

Sama halnya yang telah dilakukan oleh (Soetedjo N. J. & Suharto, 2009) mengenai perancangan dan uji coba alat evaporator nira aren, dengan tujuan dapat mempelajari pengaruh faktor kecepatan pengadukan dan bahan pengawet natrium bisulfit terhadap kualitas gula aren yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode yang dibagi kedalam 4 tahapan yaitu, perancangan, tahap konstruksi alat, tahap instalasi alat dan tahap uji coba terhadap hasil konstruksi alat yang telah dibuat. Pada tahap perancangan dilakukan pemilihan tipe dan perhitungan kapasitas dari komponen-komponen alat, seperti jenis dan ukuran tabung evaporator, pengaduk, motor penggerak; serta perkiraan kebutuhan energi teoritis. Pada tahap konstruksi dan instalasi alat dilakukan pembuatan, pemasangan komponen serta perbaikan bentuk dan ukuran sehingga alat dapat berjalan baik pada kondisi kosong dan dengan penambahan air. Sedangkan pada tahap uji coba, alat diisi dengan nira aren, lalu dilakukan pengamatan terhadap efisiensi alat serta pengaruh kecepatan pengadukan dan penambahan pengawet pada kualitas gula aren yang dihasilkan. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah terdapatnya efisiensi aktual alat yang bervariasi walaupun dapat dikatakan masih rendah yaitu 52,96 – 82,47%, penambahan pengawet natrium bisulfit sebesar 10 ppm mengakibatkan proses evaporasi berjalan lebih cepat dibandingkan tanpa bahan pengawet, dan penambahan pengawet tersebut tidak memberikan perbedaan rasa dan aroma yang nyata terhadap gula aren yang dihasilkan.

Penelitian tentang pembuatan sistem pengkabutan untuk menurunkan kadar air pada madu menggunakan prinsip *spray dryer*. Penelitian ini menghasilkan nosel yang dapat digunakan sebagai dehidrator untuk mewujudkan kekentalan pada madu. Untuk menghasilkan nosel dengan performa yang baik, perlu disesuaikan dengan dimensi ukuran dari bagian mesin dengan pengkabutan yang diinginkan. Pengkabutan merupakan fungsi dari tekanan, kekentalan dan ukuran lubang. Pengkabutan merupakan fungsi ukuran lubang pada saat tekanan dan viskositas dalam keadaan konstan. Untuk menghasilkan pengkabutan yang baik perlu untuk mempersempit lubang dengan memaju mundurkan setelan dalam. Proses penyemprotan dilakukan saat cairan dan udara bertemu lalu disemprotkan bersama. Semakin banyak, makin kencang dan makin tinggi tekanan udara maka pengkabutan makin baik. Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan adalah alat ini diuji cobakan untuk madu kemudian hanya fokus

pada cara kerja noselnya saja sedangkan penelitian yang akan dilakukan hingga pengujian dan menghitung kekentalan yang dihasilkan (Fauzan, 2006).

Mesin evaporator ini tidak hanya dapat diterapkan untuk nira tebu saja, pada penelitian lain mesin evaporator digunakan untuk mengolah nira aren. Penelitian ini memiliki fokus untuk membuat dan melakukan uji coba pada evaporator nira aren. Evaporator yang dirancang memiliki jenis silinder horizontal dan menggunakan beberapa tambahan bahan pendukung seperti natrium bisulfit yang berpengaruh pada kualitas gula aren yang dihasilkan. Metode penelitian yang digunakan yaitu perancangan dan uji coba untuk mengetahui komponen dan jenis-jenis alat yang dibutuhkan untuk mencapai kapasitas yang diharapkan. Pada tahap uji coba dengan menggunakan nira aren dilakukan pengamatan terhadap efisiensi alat dan gula aren yang dihasilkan.

Hasil dari penelitian ini adalah, penambahan bahan natrium bisulfit menghasilkan proses evaporasi yang lebih cepat dan tidak memberikan perbedaan aroma dan rasa yang berarti terhadap nira. Efisiensi aktual alat masih rendah sekitar 52,96% - 82,47% sehingga perlu dilakukan penggantian tipe pembakar, penambahan insulasi, penambahan *termocouple* dan *gas flow rate controller* (Soetedjo J. N. & Suharto, 2009). Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan adalah evaporator yang digunakan masih menggunakan alat pengaduk, sedangkan desain pada penelitian ini didukung oleh tekanan uap dari proses siklon dan juga evaporator yang dibuat menggunakan cara *spray*.

Penelitian ini merupakan penerapan evaporator untuk mengurangi kadar air pada gelatin ikan. Evaporator yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis falling film evaporator yang digunakan untuk bahan pangan yang sensitif terhadap panas. Metode penelitian yang digunakan adalah berupa eksperimen pada *prototype* evaporator gelatin ikan. Uji coba tersebut bertujuan untuk mengetahui, mengukur dan menganalisis kapasitas evaporator, tingkat ekonomi evaporator dan penggunaan energi.

Hasil dari penelitian tersebut adalah hasil produk sebanyak 30 liter dengan padatan total 9,1% dalam waktu 5 jam yang artinya kapasitas evaporator adalah 30 liter air teruapkan per jam dan tingkat ekonomi uap 0,78 liter air per kg. Luas permukaan yaitu

1,67 m² dan koefisien perpindahan panas sebesar 668 W/m² °C, konsumsi bahan bakar 3,58 liter/jam atau 0,12 liter minyak tanah teruapkan sehingga efisiensi energi bahan bakar sebesar 60%, konsumsi energi listrik 34,7 kWh. Maka efisiensi energi keseluruhan evaporator adalah 50% (Harianto, Sujai, Tazwir, & Peranginangin, 2009). Perbedaan penelitian ini adalah pada proses evaporasinya dimana evaporator yang diteliti oleh penulis telah menggunakan konsep *spray*.

Penelitian ini merupakan penelitian pada evaporator nira untuk gula merah. Penelitian ini menggunakan mesin *evaporator vacuum double jacket tipe water jet* untuk mengolah gula merah tebu dan diuji performansi alatnya. Peneliti melakukan eksperimen dengan menerapkan 3 perlakuan dengan suhu yang berbeda kemudian membandingkan hubungan antara waktu, tekanan dan suhu terhadap kecepatan penguapan nira. Perlakuan yang diberikan yaitu pada suhu 60 °C, 70 °C, dan 80 °C.

Hasil dari penelitian tersebut adalah proses penguapan nira dengan keadaan vakum serta suhu yang terkontrol memerlukan 2 energi input yaitu energi panas dan energi listrik. Dari nilai energi disimpulkan bahwa semakin meningkat suhu yang diberikan maka semakin kecil energi, tetapi jika suhu terlalu besar maka kebutuhan energi masukan semakin meningkat. Performansi mesin evaporator vakum *double jacket tipe water jet* pada masing- masing suhu perlakuan 60 °C, 70 °C, dalam 80 °C, mempunyai efisiensi sebesar 57,93%, 74,94 %, dan 54,62%. Semakin besar suhu maka semakin besar pula efisiensi dari mesin tapi jika suhu terlalu besar maka efisiensi semakin kecil, dan keseimbangan massa dari ketiga perlakuan mempunyai kehilangan massa terbesar pada suhu terkecil (Muhlisin, Hendrawan, & Yulianingsih, 2015). Perbedaan penelitian ini dengan yang dilakukan penulis adalah metode yang digunakan masih metode vakum dan penggunaannya untuk pembuatan gula merah.

Penelitian ini berupa perancangan dan pengujian mesin evaporator untuk mendapatkan zat warna alami. Metode yang digunakan berupa eksperimen dari alat yang telah dirancang. Penelitian ini menggunakan alat berupa tangki, pompa vakum, pemanas dan termostat. Perancangan yang dilakukan menghasilkan tabung silinder dengan tutup kerucut dengan diameter 8 cm dan tinggi 27 cm dimana didalam tabung tersebut terdapat

pemanas dan sensor. Termostat digunakan untuk mengatur suhu dan pompa vakum untuk mendapatkan keadaan vakum. Hasil dari pengujian ini adalah evaporator vakum zat warna alami dari biji kesumba dapat memekatkan sebanyak 31% pada suhu 50 °C dan tekanan 0,41 bar, 43,44% untuk suhu 60 °C pada tekanan 0,46 bar serta 56,67% untuk suhu 70 °C pada tekanan 0,51 bar (Prasetyaningsih, 2011). Perbedaan penelitian tersebut dengan penelitian ini adalah evaporator menggunakan metode vakum.

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan metode *spray drying* untuk melakukan pengeringan pada partikel Ammonium Perklorat (AP). Pada proses ini ada beberapa parameter yang digunakan yaitu ukuran partikel, bentuk partikel, kandungan air, rendemen dan efisiensi pengeringan. Proses *spray drying* merupakan metode pengeringan yang mampu mereduksi ukuran partikel AP dari ukuran partikel AP awal 177µm - 250 µm menjadi lebih kecil dari 177µm. Selain dapat mereduksi ukuran partikel, proses *spray drying* juga memberikan keuntungan yang lebih, yaitu mampu menghasilkan partikel AP berbentuk bulat, menghasilkan produk yang kering dengan pengurangan kandungan air sebesar 0.41 - 0.44% berat AP, dan rendemen yang dihasilkan relatif besar yaitu 79.52%. Sedangkan efisiensi pengeringan pada proses ini relatif kecil yaitu hanya sebesar 46.5% (Pinalla, 2014).

Perbedaan penelitian tersebut dengan penelitian ini adalah meskipun keduanya mengadopsi metode *spray* dan *cylone*, tapi alat tersebut diterapkan pada AP bukan pada nira karena 2 bahan tersebut berbeda.

2.2 Landasan Teori

3.2.1 Pengertian Teknologi

Berikut merupakan beberapa pengertian ataupun definisi dari teknologi:

1. Menurut *The Oxford English Dictionary*, teknologi adalah penerapan secara sistematis ilmu pengetahuan ke dalam suatu industri.

2. Memuat asal kata, teknologi berasal dari bahasa Yunani yaitu *technologia* yang berarti serangkaian prinsip atau metode rasional yang berkaitan dengan pembuatan suatu objek, atau kecakapan tertentu, atau pengetahuan tentang prinsip-prinsip atau metode dan seni.
3. Menurut *United Nation – Economics and Social Commission for Asia and The Pacific* (UNESCAP, 1988) dalam Atlas Project, teknologi sebagai kombinasi dari peralatan fisik dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengannya, untuk membuat atau menggunakan peralatan, untuk melakukan transformasi ekonomi pada sumber-sumber daya yang ada. Teknologi adalah kombinasi dari empat komponen dasar yang membangunnya terdiri dari perangkat teknologi (*technoware*), organisasi (*orgaware*), informasi (*infoware*), dan manusia (*humanware*).

3.2.2 Perancangan Berbasis *Prototype*

a. Definisi Perancangan

Desain merupakan gagasan mengenai produk yang akan dibuat dengan karakteristik yang diinginkan yang nantinya akan dikembangkan untuk memuaskan keinginan pengguna. Rancangan atau desain merupakan hasil gambaran keseluruhan fitur mengenai penampilan maupun fungsi produk yang diinginkan pelanggan. Adapun parameter rancangan menurut (Kotler, 2001) adalah sebagai berikut:

1. Gaya berarti tampilan dari produk yang dimaksud.
2. Daya tahan berarti umur produk dalam kondisi normal
3. Keandalan berarti probabilitas daya tahan produk dalam periode tertentu
4. Mudah diperbaiki berarti ukuran kemudahan dalam memperbaiki produk ketika rusak.

b. *Prototype*

Prototype merupakan perangkat yang menggambarkan interaksi dari sistem yang dibuat. Seringkali pengembang kurang memperhatikan efisiensi dari sistem yang

dibuat serta kemampuan sistem operasinya dalam menghubungkan manusia dengan mesin.

Menurut (Wickens, Prevett, & Tham, 1996), sebelum *prototype* produk dibuat ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu evaluasi heuristik dan pemilihan material. Evaluasi heuristik menganalisa karakteristik desain dan kelayakan dan kesesuaiannya dan membandingkan dengan hasil rancangan yang dibuat. Rancangan ini dibuat biasanya berdasarkan keinginan pengguna. Desain *prototype* yang akan dibuat perlu memperhatikan analisis aspek terhadap desain tersebut, yaitu:

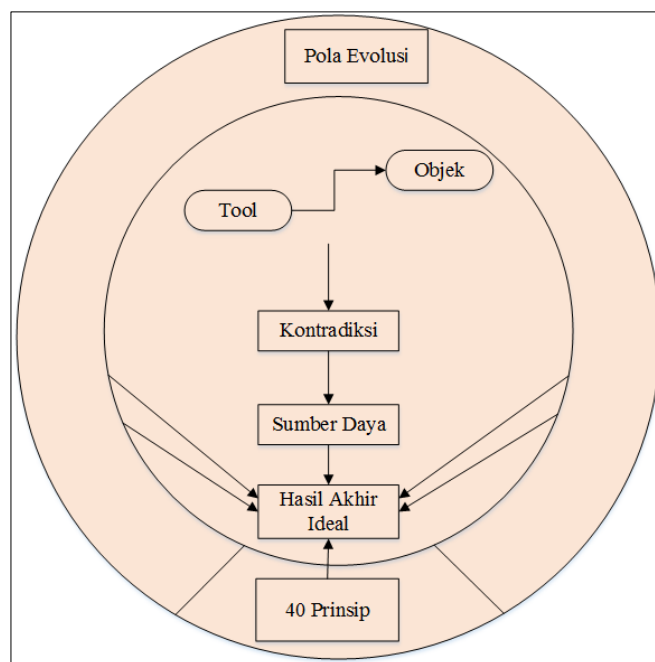
1. Analisis biaya terhadap desain
2. Analisis beban kerja
3. Analisis keamanan, keandalan dan bahaya

Analisis diatas sangat efektif untuk mengetahui kelemahan dari desain yang dibuat. Hal dari analisis tersebut perlu dipertimbangkan sebelum menerjemahkan desain menjadi *prototype*. Selain itu, pemilihan material utama dan pendukung perlu dipertimbangkan untuk memenuhi karakteristik desain dan aspek keamanan dalam penggunaan.

2.2.3 TRIZ (*Teoriya Rasheniya Izobretatelskikh Zadatch*)

TRIZ (*Teoriya Rasheniya Izobretatelskikh Zadatch*) atau (*Theory of Inventive Problem Solving*) merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah secara kreatif berdasarkan logika dan data yang dimiliki. Metode ini menggunakan kuisisioner sebagai alat bantu untuk mengetahui masalah atau kondisi saat ini yang disebut *Innovative Situation Questionnaire (ISQ)* dari sudut pandang yang berbeda (Tiafani, Desrianty, & SW, 2014). Tahapan penelitian dengan menggunakan TRIZ adalah *innovation situation questionnaire, diagram situation mode, direction for innovation* dan *inventive principles* (Ramos, Wahyuning, & Desrianty, 2015). TRIZ mengidentifikasi masalah secara spesifik untuk mengetahui kontradiksi yang ada. Kontradiksi diselesaikan dan dijadikan sebagai solusi pemecahan masalah. Kontradiksi merupakan hal yang bertentangan dari segi hasil, oleh karena itu ketika suatu parameter yang ingin diperbaiki memiliki kontradiksi terhadap parameter lain maka sulit untuk mencapai kondisi perbaikan (Dian, Velhayati,

& Hartati, 2011). TRIZ ini akan menggunakan berbagai pengalaman terdahulu untuk menghilangkan kontradiksi. TRIZ menyelesaikan masalah dengan menemukan ide-ide baru dengan mengeliminasi kontradiksi dan menggunakan prinsip inovatif untuk menghasilkan solusi yang kreatif. TRIZ tidak hanya dapat menemukan masalah namun mampu menyelesaikannya. Gambar 2.1 berikut merupakan gambar model dasar dari TRIZ.



Gambar 2 1 Model Dasar TRIZ

Terdapat 5 konsep dalam model dasar TRIZ, yaitu:

1. Kontradiksi, penyelesaian masalah dengan menghilangkan kontradiksi yang ada
2. Sumber daya, sumber daya yang terdapat dalam sistem atau didekat sistem baik itu energi, sifat atau benda lain dan belum terpakai dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan kontradiksi
3. Hasil akhir ideal, hasil yang ideal dapat dicapai ketika kontradiksi dapat diselesaikan serta spesifikasi yang diinginkan dapat tercapai
4. Pola evolusi, pola tersebut digunakan untuk menemukan ide dan inovasi baru dan memprediksi sistem
5. Prinsip-prinsip inovatif, memberikan isyarat konkrit bagi solusi

(Altshuller, 2002) menyatakan bahwa permasalahan inventif mengandung minimal 1 kontradiksi. Permasalahan kesamaan desain pada industri yang berbeda merupakan sebuah kontradiksi. TRIZ mengidentifikasinya sebagai kontradiksi teknis dimana ketika terjadi peningkatan pada suatu aspek atau parameter, maka aspek lain akan mengalami penurunan. Menciptakan sebuah produk perlu untuk membuat peramalan dan analogi ke situasi masa depan dengan konsep yang sama dalam hal fungsionalitas desain. Pengembangan desain perlu diuji dan kemudian dianalogikan diterapkan untuk memprediksi masa depan desain yang dikaji. TRIZ telah dirumuskan menjadi 39 parameter yang menimbulkan kontradiksi teknis seperti pada tabel 2.1 berikut (Dian, Velhayati, & Hartati, 2011):

Tabel 2 1 39 Engineering parameters

<i>39 Engineering Parameters</i>		
1. <i>Weight of Moving Obj.</i>	14. <i>Strength</i>	27. <i>Reliability</i>
2. <i>Weight of non-Moving Obj.</i>	15. <i>Durability of moving Obj.</i>	28. <i>Accuracy of Measurement</i>
3. <i>Length of Moving Obj.</i>	16. <i>non-Moving Obj. Durability</i>	29. <i>Accuracy of Mnaufacturing</i>
4. <i>Length of non-Moving Obj.</i>	17. <i>Temperature</i>	30. <i>Harmful Factor Acting on Obj.</i>
5. <i>Area of Moving Obj.</i>	18. <i>Brightness</i>	31. <i>Harmful Side Effect</i>
6. <i>Area of non-Moving Obj.</i>	19. <i>Energy Spent by Moving Obj.</i>	32. <i>Manufacturability</i>
7. <i>Volume of Moving Obj.</i>	20. <i>Energy Spent by non-Moving Obj.</i>	33. <i>Convience of Use</i>
8. <i>Volume of non-Moving Obj.</i>	21. <i>Power</i>	34. <i>Ease of Repair</i>
9. <i>Speed</i>	22. <i>Waste of Energy</i>	35. <i>Adaptibility</i>
10. <i>Force</i>	23. <i>Waste of Substance</i>	36. <i>Complexity of Device</i>
11. <i>Tension, Pressure</i>	24. <i>Loss of Information</i>	37. <i>Complexity of Control</i>
12. <i>Shape</i>	25. <i>Loss of Time</i>	38. <i>Level of Automation</i>
13. <i>Stability of Obj.</i>	26. <i>Amount of Substance</i>	39. <i>Productivity</i>

Penjelasan dari 39 parameter di atas adalah sebagai berikut:

1. *Weight of moving object* : Berat dari objek di ruangan dengan gravitasi normal. Tenaga yang digunakan untuk menyokong atau menekan objek tersebut.
2. *Weight of Stationary object* : Berat dari objek di ruangan dengan gravitasi normal. Tenaga yang digunakan untuk mensupport atau menekan objek tersebut atau pada saat objek tersebut diam.
3. *Length of moving object* : Salah satu dimensi ukuran, tidak yang terpanjang tentunya tetapi mempertimbang panjang.
4. *Length of stationary object* : Sama dengan *length of moving object*.

5. *Area of moving object* : Karakteristik geometris yang dijelaskan oleh bagian-bagian dari objek tersebut. Bagian permukaan yang digunakan oleh objek. Atau ukuran permukaan yang digunakan objek baik bagian dalam maupun luar dari objek.
6. *Area of stationary object* : Sama dengan *area of moving object*.
7. *Volume of moving object* : Ukuran volume yang digunakan dari objek. Panjang x tinggi x lebar untuk objek yang berbentuk kubus, tinggi x luas lingkaran untuk tabung, dll.
8. *Volume of stationary object* : Sama dengan *volume of moving object*.
9. *Speed* : Kecepatan dari objek, rating dari proses atau gerakan dalam suatu waktu.
10. *Force* : Ukuran gaya yang digunakan didalam interaksi sistem. Di dalam fisika Newtonian, gaya = massa x percepatan. Di TRIZ, gaya adalah beberapa interaksi yang digunakan untuk mengganti kondisi dari objek.
11. *Stress of pressure* : Gaya tiap area unit dan juga tegangan.
12. *Shape* : Bentuk luar dari objek atau tampilan dari sebuah sistem.
13. *Stability of the object's composition* : Keseluruhan atau keseluruhan dari sistem, hubungan yang terjadi diantara elemen-elemen inti dari sistem. Ketahanan, pembusukan secara kimia dan membongkar semua kekurangan secara stabil. Meningkatkan entropi adalah mengurangi stabilitas objek.
14. *Strength* : Tingkatan sebuah objek untuk menahan perubahan gaya. Daya tahan untuk tidak hancur.
15. *Duration of action by a moving object* : Waktu yang digunakan objek untuk dapat bekerja sesuai fungsi. Waktu produktif objek. Waktu rata-rata antara kerusakan yang terjadi adalah ukuran dari waktu bekerja objek. Dan juga durabilitas objek.
16. *Duration of action by a stationary object* : Sama dengan *duration of action by moving object*.
17. *Temperature* : Kondisi termal dari objek atau sistem. Melonggarkan termasuk didalamnya parameter termal lainnya seperti kapasitas suhu yang menyebabkan tingkat perubahan temperatur.
18. *Illumination intensity* : Perubahan terus menerus secara cepat setiap unit area juga

19. *Use of energy by moving object*: Ukuran kapasitas objek untuk melakukan fungsinya. Di mekanika klasik, energi adalah bentuk dari gaya, waktu dan jarak. Hal ini termasuk pemakaian energi yang disediakan oleh *super-system* (seperti energi listrik atau energi panas). Energi membutuhkan perlakuan khusus.
20. *Use of energy by stationary object*: Sama dengan *use of energy by moving object*.
21. *Power*: Waktu yang digunakan objek pada saat melaksanakan fungsinya. Jumlah dalam menggunakan energi.
22. *Loss of energy*: Menggunakan energi yang tidak memberikan kontribusi untuk menyelesaikan pekerjaan. Lihat point 19. Untuk mengurangi energi yang terbuang sia-sia membutuhkan teknik yang berbeda dari improvisasi penggunaan energi oleh karena itu mengapa bagian ini dipisahkan.
23. *Loss of substance*: Setengah jadi atau jadi, permanen atau temporer, menghilangkan beberapa bahan baku/data dari sistem, bahan, *part* atau subsistem.
24. *Loss of Information*: Setengah jadi atau jadi, permanen atau temporer, menghilangkan data atau akses data didalam sistem secara berulang-ulang termasuk data tentang indra manusia seperti bau, tekstur dll.
25. *Loss of Time*: Waktu adalah durasi dari sebuah aktivitas. Memperbaiki waktu yang hilang berarti mengurangi waktu yang digunakan untuk beraktivitas.
26. *Quantity of substance /the matter*: Angka atau jumlah dari bahan yang digunakan, bahan baku, *part* atau subsistem yang mungkin diganti secara utuh atau perbagian secara permanen atau temporer.
27. *Reliability*: Kemampuan sistem dalam menjalankan fungsi yang diharapkan yang telah diprediksikan sesuai dengan kondisi yang ada.
28. *Measurement accuracy*: Kemiripan dari nilai yang dihitung dengan nilai didunia nyata dari properti sistem. Mengurangi kesalahan yang terjadi saat melakukan pengukuran agar lebih akurat.
29. *Manufacturing precision*: Meluaskan karakteristik aktual yang ada dari sebuah sistem atau perhitungan pada objek secara spesifik atau karakteristik permintaan yang ada.
30. *External harm affects the object*: Kelemahan dari sistem untuk menghindari efek *externally generated* (berbahaya).

31. *Object-generated harmful factors*: Efek yang berbahaya adalah salah satu yang mengurangi efisiensi atau kualitas fungsi dari objek atau sistem. Efek tersebut distandarkan oleh objek atau sistem sebagai bagian dari operasionalnya.
32. *Ease of manufacture*: Derajat dari fasilitas, nyaman atau tidak membutuhkan banyak tenaga dalam proses manufaktur atau fabrikasi dari objek atau sistem.
33. *Ease of operation*: Proses tidak mudah jika membutuhkan pekerja yang banyak, langkah pekerjaan yang banyak, membutuhkan alat khusus dll. *Hard Processes* hasilnya rendah dan *Easy Processes* hasilnya tinggi; semuanya mudah untuk melakukan yang benar.
34. *Ease of repair*: Karakteristik kualitas seperti kemudahan, kenyamanan, *simple* dan waktu yang digunakan untuk memperbaiki kesalahan, kerusakan atau cacat didalam sistem.
35. *Adaptability or versality*: Perluasan bagi sistem atau objek untuk menerima secara positif perubahan dari luar. Juga sistem yang dapat digunakan dalam beberapa cara pada beberapa lingkungan yang tidak baik.
36. *Device complexity*: Jumlah dan perbedaan dari elemen-elemen dan elemen timbal balik diantara sistem. Pengguna bisa jadi menjadi bagian dari sistem yang meningkatkan tingkat kompleksitas. Kesulitan dalam menguasai sebuah sistem adalah ukuran dari kompleksitas tersebut.
37. *Difficulty of detecting and measuring*: Mengukur atau mengamati sistem yang kompleks, mahal membutuhkan waktu yang banyak dan pekerja untuk men-setup dan menggunakannya atau yang mempunyai hubungan kompleks antara komponen atau komponen yang mempengaruhi yang lain “difficulty of detecting and measuring”. Meningkatkan biaya dalam pengukuran ketidakpuasan juga tanda meningkatnya tingkat kesulitan dalam pengukuran.
38. *Extent of automation*: Perluasan bagi fungsi suatu sistem atau objek tanpa campur tangan manusia. Level terendah dalam automasi adalah menggunakan alat operasi manual. Untuk level lanjutan program yang dibuat manusia sebagai alat, mengamati operasi tersebut dan menyela atau memrogram ulang jika dibutuhkan. Untuk level tertinggi, mesin mengerti kebutuhan operator, memrogram sendiri dan mengamati operasinya sendiri.

39. *Productivity*: Jumlah fungsi atau performa operasional oleh sistem tiap satuan waktu. Waktu untuk unit berfungsi atau beroperasi. *Output* tiap satuan waktu atau biaya tiap *output* yang dihasilkan.

TRIZ memiliki 40 prinsip pemecahan masalah, untuk permasalahan inventif yang kompleks (Altshuller, 2002), yaitu pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2 2 40 *Inventive principles*

40 Inventive Principles			
No.	Principle	No.	Principle
1.	<i>Segmentation</i>	21.	<i>Skipping</i>
2.	<i>Taking Out</i>	22.	<i>"Blessing in Disguise"</i>
3.	<i>Local Quality</i>	23.	<i>Feedback</i>
4.	<i>Asymmetry</i>	24.	<i>"intermediary"</i>
5.	<i>Merging</i>	25.	<i>Self Service</i>
6.	<i>Universality</i>	26.	<i>Copying</i>
7.	<i>"Nested doll"</i>	27.	<i>Cheap Short-Living Object</i>
8.	<i>Antiweight</i>	28.	<i>Mechanics substitution</i>
9.	<i>Preliminary Antiaction</i>	29.	<i>Pneumatics and Hydraulics</i>
10.	<i>Preliminary Action</i>	30.	<i>Flexible Shells and Thin films</i>
11.	<i>Beforehand Cushioning</i>	31.	<i>Porous Materials</i>
12.	<i>Equipotentially</i>	32.	<i>Color Changes</i>
13.	<i>"The Other Way round"</i>	33.	<i>Homogeneity</i>
14.	<i>Spheroidality-Curvature</i>	34.	<i>Discarding and Recovering</i>
15.	<i>Dynamics</i>	35.	<i>Parameter Changes</i>
16.	<i>Partial or Excessive Actions</i>	36.	<i>Phase Transitions</i>
17.	<i>Another dimensions</i>	37.	<i>Thermal Expansions</i>
18.	<i>Mechanical Vibration</i>	38.	<i>Strong Oxidants</i>
19.	<i>Periodic Action</i>	39.	<i>Inert Atmosphere</i>
20.	<i>Continuity of Useful Action</i>	40.	<i>Composite Materials</i>

Adapun penjelasan dari setiap prinsip tersebut dapat dipahami seperti yang dijelaskan oleh (Zhang, Tan, & Chai, 2005) sebagai berikut:

1. *Segmentation* (Segmentasi)

- a. Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian tersendiri.
- b. Membuat suatu objek atau sistem mudah untuk membongkar.
- c. Meningkatkan derajat fragmentasi atau segmentasi.

2. *Taking Out* (Ekstrasi)

Memisahkan bagian yang mengganggu dari suatu objek/sistem, hanya diperlukan bagian dari suatu objek/sistem.

3. *Local Quality* (Optimasi Lokal)

- a. Mengubah struktur objek atau sistem dari seragam ke non- seragam, perubahan lingkungan eksternal atau pengaruh eksternal dari seragam ke non-seragam.
- b. Buatlah masing-masing bagian dari suatu objek atau fungsi sistem dalam kondisi yang paling cocok untuk operasi.
- c. Buatlah masing-masing bagian dari suatu objek atau sistem yang berbeda dan memenuhi fungsi yang berguna.

4. *Asymetry* (Ketidaksimetrisan)

- a. Perubahan bentuk suatu objek atau sistem dari simetris dengan asimetris.
- b. Jika suatu benda atau sistem yang asimetris, tingkatkan derajat asimetris tersebut.

5. *Merging or Combining* (Penggabungan)

- a. Menggabungkan objek atau sistem yang identik/sama dan menggabungkan bagian yang identik untuk melakukan operasi paralel.
- b. Membuat operasi bersebelahan atau sejajar dalam waktu yang bersamaan.

6. *Universality* (Multiguna / Multifungsi)

- a. Membuat sebagian objek atau sistem dengan melakukan fungsi ganda untuk menghilangkan kebutuhan pada bagian yang lainnya.
- b. Menggunakan fitur standar.

7. *Nested Doll* (Persarangan)

- a. Menempatkan satu objek atau sistem pada gilirannya.
- b. Membuat satu bagian melewati bagian yang lain.

8. *Anti Weight* (Penyeimbangan)

- a. Untuk menyeimbangkan berat/beban dari suatu objek atau sistem dengan objek atau sistem yang lain.
- b. Untuk menyeimbangkan berat/beban dari suatu objek atau sistem agar dapat berinteraksi dengan lingkungan sekitar (misalnya menggunakan aerodinamis, hidrodinamik, daya apung dan kekuatan lainnya).

9. *Preliminary Anti Action* (Pencegahan)

- a. Pada saat akan melakukan suatu tindakan diperhitungkan efek baik dan efek buruknya.
- b. Membuat *prototype* sebuah objek atau sistem agar dapat menghindari kejadian yang tidak diinginkan kemudian hari.

10. *Preliminary Action* (Persiapan)

- a. Melakukan tindakan persiapan untuk sebuah objek atau sistem baik lengkap maupun sebagian dari sistem atau objek tersebut.
- b. Mengatur objek atau sistem sehingga dapat lepas dari zona nyaman tanpa memakan waktu yang cukup lama.

11. *Beforehand Cushioning* (Pengamanan)

Menyiapkan tindakan pengamanan dalam melakukan uji coba dari objek atau sistem.

12. *Equipotentiality* (Penyelarasan)

Pembatasan perubahan kedudukan dari objek atau sistem (misalnya melakukan uji coba dengan menaikkan atau menurunkan objek untuk menghilangkan bagian - bagian yang kurang penting).

13. *The Other Way Round* (Pembalikan)

- a. Membalikan tindakan yang digunakan untuk memecahkan masalah.
- b. Membuat objek bergerak sebagian atau lingkungan sekitar yang tetap dan membiarkan beberapa bagian tersebut tetap bergerak.
- c. Gerakan objek dengan proses terbalik.

14. *Spheroidality* (Pelengkungan)

- a. Menggunakan bagian bujursangkar atau permukaan yang melengkung untuk menggerakkan suatu objek dari yang sebelumnya berbentuk kubus atau simetris ke bentuk yang lebih melengkung seperti bola.
- b. Menggunakan contoh objek yang tidak beraturan (rol, bola, spiral, kubus)
- c. Menggerakkan dari yang tadinya lurus menjadi melingkar menggunakan kekuatan sentrifugal.

15. *Dynamics* (Pendinamisan / Adaptasi)

- a. Mendesain sifat-sifat sebuah objek, lingkungan sekitar atau prosesnya untuk mencari kondisi yang lebih optimal.
- b. Membagi suatu objek atau sistem menjadi bagian-bagian yang mampu melakukan kerjasama terhadap satu sama lain.
- c. Jika suatu objek atau proses kaku atau tidak fleksibel maka objek atau proses tersebut dibuat untuk bergerak agar dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar.

16. *Partial or Excessive Action* (Pelebihan / Pengurangan)

Apabila nilai sempurna sulit untuk dicapai dengan menggunakan metode yang ada maka dilakukan pelebihan atau pengurangan dengan menggunakan metode yang sama, kemungkinan mendapat nilai sempurna akan lebih mudah.

17. *Another Dimensions* (Penambahan Dimensi)

- a. Memindahkan objek atau sistem dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi.
- b. Menggunakan *multy-story* dalam menyusun objek atau sistem bukan menggunakan *single-story*.
- c. Re-orientasi dari objek atau sistem. Menggunakan bagian lain dari sebuah objek atau sistem.

18. *Mechanical Vibration* (Penggetaran)

- a. Penyebab suatu objek atau sistem untuk berosilasi atau bergetar.
- b. Meningkatkan frekuensi bahkan sampai ke ultrasonik.
- c. Gunakan *vibrator piezoelektrik* yang bukan mekanik.
- d. Gunakan kombinasi ultrasonik dan osilasi medan elektromagnetik.

19. *Periodic Action* (Periodisasi)

- a. Melakukan jeda (periodik).
- b. Apabila sudah ada jeda, maka perlu diatur besar/ kecil dari masa jeda tersebut.
- c. Gunakan jeda tersebut untuk melakukan tindakan yang berbeda.

20. *Continuity of Useful Action* (Pemberlanjutan Manfaat)

- a. Membiarkan sebuah objek atau sistem bekerja terus menerus dengan menggunakan beban penuh agar mengetahui kelebihan dan kekurangannya.

- b. Jangan melakukan tindakan pencegahan dalam pelaksanaannya.

21. *Skipping / Rushing Through* (Percepatan Perlakuan)

Melakukan tahap-tahap tertentu (misalnya tes kerusakan, tes berbahaya atau tidak) dengan percepatan.

22. *Blessing in Disguise / Turn Lemons into Lemonade* (Pemanfaatan Kerugian)

- a. Gunakan faktor bahaya khususnya efek bahaya terhadap lingkungan sekitar untuk mencapai efek yang positif.
- b. Menghilangkan tindakan utama yang berbahaya dengan mengalihkan tindakan tersebut untuk yang lainnya dalam memecahkan masalah.
- c. Menghilangkan faktor bahaya sedemikian rupa sehingga tidak berbahaya lagi.

23. *Feedback (Timbal Balik)*

- a. Melakukan koreksi (perujukan kembali, pengecekan silang) untuk melakukan perbaikan proses atau mengambil sebuah tindakan.
- b. Jika sudah menggunakan *feedback* maka melakukan perubahan besar atau kecil.

24. *Intermediary* (Perantara)

- a. Gunakan operator atau proses sebagai perantara.
- b. Menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain (yang dapat dengan mudah dihilangkan).

25. *Self Service* (Pelayanan Sendiri)

- a. Buatlah sebuah objek atau sistem melakukan pelayanan sendiri dengan melakukan fungsi tambahan yaitu membantu.
- b. Gunakan sumber daya lain.

26. *Copying* (Penyalinan)

- a. Menggunakan objek atau sistem yang sudah tersedia supaya lebih sederhana dan murah.
- b. Gantikan objek atau sistem dengan proses salinan optik.
- c. Jika salinan optik sudah digunakan, gunakan inframerah atau ultraviolet eksemplar.
- d. Salin konsep layanan kreatif di industri yang berbeda.

27. *Cheap Short-Living Objects* (Murah / Sekali Pakai)

Menggantikan objek atau sistem dengan yang lebih murah dengan mengorbankan kualitas tertentu.

28. *Mechanic Substitution* (Penggantian Sistem / Teknik)

- a. Mengganti hal yang mekanis dengan perasaan (penglihatan, pendengaran, perasa atau penciuman) yang lebih berarti.
- b. Gunakan listrik, magnet atau medan elektromagnetik untuk menjalankan objek atau sistem tersebut.
- c. Perubahan sistem yang tadinya statis menjadi bergerak atau yang tadinya tidak terstruktur menjadi lebih terstruktur.
- d. Gunakan bersama dengan bidang-bidang yang lain.

29. *Pneumatic and Hydraulics / Intangibility* (Sistem Pneumatik dan Hidrolik)

Menggunakan bagian yang lain yang tidak ada didalam objek atau sistem.

30. *Flexible Shells and Thin Films* (Pemakaian Membran / Lapisan)

- a. Menggunakan *flexible shells and thin films* untuk struktur 3D.
- b. Menggunakan *flexible shells and thin films* untuk mengisolasi objek atau sistem dari lingkungan sekitar.

31. *Porous Materials* (Pemakaian Material Berpori / Rongga)

- a. Buat objek atau sistem menggunakan material berpori atau berongga sebagai pelapis.
- b. Jika suatu objek atau sistem sudah keropos maka gunakan pori-pori tersebut untuk menggantikan fungsi bagian yang keropos tersebut.

32. *Colour Changes* (Pengubahan Warna)

- a. Mengubah warna suatu objek atau sistem disesuaikan dengan lingkungan sekitar.
- b. Mengubah transparansi suatu objek atau sistem.

33. *Homogeneity* (Homogenitas)

Membuat objek atau sistem dapat berinteraksi atau disatukan dengan lingkungan sekitarnya dengan menggunakan bahan yang sama.

34. *Discarding and Recovering* (Menghilangkan dan Memperbaiki)

- a. Membuat atau menghilangkan bagian-bagian dari objek atau sistem atau memodifikasi secara langsung selama operasi.
- b. Mengembalikan bagian-bagian yang dihilangkan selama operasi berjalan.

35. *Parameter Changes* (Transformasi)

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

36. *Phase Transition* (Masa Transisi)

Menggunakan fenomena yang terjadi selama masa transisi (misalnya perubahan volume, proses menghilang atau penyerapan panas).

37. *Thermal Expansion / Strategic Expansion* (Perluasan Pemasaran)

- a. Gunakan ekspansi termal (kontraksi) dari bahan.
- b. Jika ekspansi termal sudah digunakan, maka gunakan beberapa bahan yang berbeda dengan koefisiensi termal.

38. *Strong Oxidant / Boosted Interaction* (Interaksi dengan Masyarakat)

- a. Mengganti keadaan yang biasa dengan keadaan yang lebih bermasyarakat.
- b. Meningkatkan partisipasi konsumen dalam pelayanan.
- c. Keadaan sekitar yang bertahan dari ancaman lingkungan lain.
- d. Menggunakan keadaan yang lebih baik.

39. *Inert Athmosphere* (Lingkungan Netral)

- a. Menggantikan lingkungan yang normal dengan lingkungan yang netral.
- b. Menambahkan bagian yang netral kedalam objek atau sistem.

40. *Composite Material* (Komposisi Gabungan Bahan Baku)

Perubahan terhadap beberapa bahan baku yang digunakan.

2.2.4 Nira Tebu

Nira tebu merupakan cairan manis yang dihasilkan dari air pada batang tebu. Tanaman tebu yang digiling akan menghasilkan air dan ampas dari tebu, hasil penggilingan tersebut menghasilkan nira kotor. Saat nira tersebut dilanjutkan ke proses evaporasi maka nira

kotor tersebut akan menjadi nira kental (Perwitasari, 2012). Dalam keadaan segar, nira memiliki aroma yang wangi, manis dan relatif tidak berwarna, namun jika telat untuk dimasak maka nira akan mengalami fermentasi. Nira ini merupakan salah satu sumber yang dapat diolah menjadi gula baik gula Kristal, gula merah dan gula semut (Lesthri, 2006). Gula Kristal yang dikonsumsi berasal dari sukrosa yang ada dalam batang tebu sekitar 8-13% pada tebu segar yang telah matang. Ciri nira yang baik adalah masih segar, rasa manis, harum, tidak berwarna dan derajat keasaman (pH) sekitar 6,0-7,0. Tabel 2. berikut merupakan komponen nira tebu berdasarkan zat yang terlarut tambahkan referensi (Perwitasari, 2012):

Tabel 2 3 Komposisi nira tebu

Komposisi Nira Tebu	Besarnya
Brix	16,88 – 17,85%
HK Pol	82,69 – 83,49%
Sakarosa	12,09 – 13,24%
Gula Reduksi	0,79 – 1,35%
Abu Fosfat	0,7 – 1,25%

Nira yang diperoleh dari batang tebu melalui proses ekstraksi (penggilingan) memiliki warna tertentu dan kadar glukosa yang tinggi. Nira yang telah melalui proses penguapan akan berubah menjadi nira kental dengan kadar air yang rendah. Adapun syarat mutu nira yang baik disebutkan dalam tabel 2. Berikut (Perwitasari, 2012):

Tabel 2 4 Syarat mutu nira

Komposisi	Besarnya
Polarisasi	93,34%
HK Pol	94,40%
Warna	50,63%
Turbidy	394

2.2.5 Evaporasi

Evaporasi merupakan proses mengubah molekul dalam fase cair menjadi fase gas. Tujuan dari proses evaporasi ini mengurangi kadar air dalam suatu bahan sehingga dapat meningkatkan konsentrasi suatu zat dalam larutan (Fitri, Suhadi, Altway, & Susianto, 2016). Evaporasi ini terjadi jika dalam air diberikan energi, sehingga akan terjadi

perubahan suhu yang merupakan daya dorong dalam proses penguapan. Alat untuk melakukan evaporasi disebut evaporator yang mengevaporasi sebagian atau seluruh pelarut dari suatu larutan. Proses evaporasi pada nira tebu mengubah nira jernih encer dengan padatan 16% menjadi 60%. Proses evaporasi dipengaruhi beberapa faktor, yaitu (Christie, 1993) (Stanley, 1988):

a. Konsentrasi zat terlarut

Larutan yang masuk kedalam proses penguapan memiliki konsentrasi rendah viskositas yang rendah dan memiliki nilai koefisien pindah panas yang tinggi. Proses evaporasi mengubah larutan menjadi larutan dengan konsentrasi dan viskositas lebih tinggi sehingga nilai koefisien pindah panas menjadi lebih rendah.

b. *Foaming*

Foaming merupakan larutnya fasa gas ke dalam fasa padat atau cair yang ditandai timbulnya buih atau busa pada cairan. Buih akan keluar bersama dengan uap yang dihasilkan sehingga ada massa yang hilang.

c. Kelarutan

Ketika larutan dipanaskan dan konsentrasi zat terlarut meningkat, batas nilai kelarutan suatu zat akan tercapai sebelum terbentuk Kristal/padatan. Kondisi ini adalah batas maksimum konsentrasi zat terlarut dalam larutan yang bisa dicapai melalui proses evaporasi. Pada batas kelarutan ini, larutan panas yang didinginkan kembali kesuhu ruang kan membentuk Kristal.

d. Tekanan dan Temperatur

Titik didih suatu larutan berbanding lurus dengan tekanan dalam sistem. Semakin tinggi tekanan dalam sistem maka semakin tinggi pula titik didih suatu larutan. Sama halnya pada konsentrasi dan temperatur pada proses evaporasi. Semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin tinggi pula temperatur. Temperatur yang lebih tinggi akan lebih cepat menguap dibandingkan temperatur rendah. Beberapa produk utamanya produk pangan biasanya sensitif terhadap temperatur tinggi yang dapat merukan komponen suatu zat.

e. Luas permukaan

Luas permukaan mempengaruhi laju penguapan. Cairan akan lebih cepat menguap pada permukaan yang dangkal namun luas dibandingkan pada permukaan yang tinggi namun sempit.

Proses evaporasi dapat dipercepat dengan cara (Soetedjo J. N. & Suharto, 2009):

- a. Mempercepat pemasokan panas di atas titik didihnya (contoh: ΔT , ΔH , A)
- b. Meningkatkan perpindahan koefisien panasnya (U_o)
- c. Memperluas permukaan cairannya (film evaporator)
- d. Menurunkan tekanan atau titik didihnya
- e. Mempercepat aliran pemindahan uapnya

Proses penguapan air terjadi pada proses evaporasi dan proses pengeringan. Hal tersebut kadang membingungkan dan menganggap bahwa evaporasi dan pengeringan adalah proses yang sama. Pengeringan adalah suatu proses yang mengubah air dalam suatu padatan atau bahan semi padat menjadi padatan dengan kadar air yang rendah. Dalam proses pengeringan terjadi penguapan air yang dilakukan dengan menurunkan kelembaban nisbi udara dengan mengalirkan panas di sekeliling bahan sehingga tekanan uap air lebih besar dari tekanan uap air di udara (Sembodo & Fadilah, 2009). Penguapan adalah proses perubahan molekul air menjadi gas, penguapan terdiri dari zat pelarut yang mudah menguap dan zat terlarut yang tidak mudah menguap. Tujuan dari proses ini adalah memekatkan konsentrasi larutan sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi tinggi.

Berikut merupakan perbedaan antara pengeringan dan penguapan :

- a. Perbedaan pengeringan dan penguapan yaitu evaporasi memiliki sisa proses berupa zat cair yang terkadang sangat viskos sedangkan dalam proses pengeringan sisa dari proses tersebut adalah zat padat.
- b. Jumlah air yang berkurang pada pengeringan lebih besar dibandingkan air yang berkurang pada proses penguapan. Jika dalam penguapan sisa prosesnya tetaplah cair maka dalam pengeringan terjadi pengeringan total kandungan air dalam bahan.
- c. Suhu yang digunakan dalam proses pengeringan lebih tinggi dibandingkan proses penguapan.

dalam proses penguapan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Kapasitas evaporasi, kapasitas menunjukkan kemampuan dari suatu alat dengan melihat jumlah hasil kerja atau produk yang dihasilkan (Harianto, Sujai, Tazwir, & Peranginangin, 2009).

2. Laju Penguapan dinyatakan sebagai banyaknya jumlah air yang teruapkan per jam (McCabe, Smith, & Harriot, 1985). Rumus untuk mencari laju evaporasi adalah:

$$V = \frac{V_o - V_t}{\Delta t} \dots\dots\dots (1)$$

Ket : V = Laju evaporasi (liter/jam)

V_o = Volume awal bahan (liter)

V_t = Volume akhir bahan (liter)

Δt = Lama evaporasi (jam)

3. Hasil Pemekatan, hasil pemekatan ini dapat digunakan untuk menilai produk dari evaporasi ini dengan mengukur presentase padatan total dalam suatu larutan. padatan total terbaik yang paling aman adalah 25% (Winata, 2006).

2.2.6 Jenis Sistem Evaporator

Evaporator memiliki beberapa sistem, yaitu:

a. Evaporator Tunggal

Evaporator tunggal disebut juga evaporator *single effect* dimana hanya terdapat 1 buah ruang penguapan dan panas diberikan oleh satu luas permukaan perpindahan panas. Keunggulan dari sistem ini adalah biaya investasi yang lebih murah karena hanya menggunakan satu bejana penguapan serta operasi dan pengendaliannya lebih mudah dilakukan. Untuk skala industri, evaporator jenis ini membutuhkan uap air dengan jumlah lebih besar sebagai medium pemanas sehingga menambah ongkos operasi berupa pengadaan uap air (Widyatmiko, 2003).

b. Evaporator Efek Majemuk

Evaporator ini disebut juga evaporator *multiple effect*. Evaporator ini menggunakan lebih dari satu ruang penguapan dalam sekali proses sehingga disebut efek majemuk. Uap yang dihasilkan dari proses penguapan sebelumnya akan digunakan kembali oleh proses penguapan selanjutnya. Keunggulan dari sistem ini adalah biaya investasi yang lebih tinggi karena membutuhkan banyak bejana evaporator dan alat-alat lainnya, operasi dan pengendaliannya lebih sulit,

dapat menghemat panas secara keseluruhan sehingga dapat mengurangi ongkos produksi (Dhara & G, 2012).

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih jenis evaporator, yaitu (Soetedjo J. N. & Suharto, 2009):

- a. Kapasitas produksi
- b. Viskositas umpan dan kenaikan viskositas selama penguapan
- c. Produk yang diinginkan (padatan, *slurry* atau larutan pekat)
- d. Sensitivitas bahan/produk terhadap panas
- e. Apakah larutan yang diproses *fouling* (menimbulkan kerak) atau *non-fouling*
- f. Apakah larutan dapat menimbulkan busa (*foaming*)

2.2.7 Perpindahan Panas

Panas atau kalor merupakan energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Ketika 2 benda yang memiliki suhu berbeda saling bersentuhan maka akan terjadi pertukaran energi internal hingga kedua suhu benda tersebut seimbang. Perpindahan panas terjadi pada daerah dengan temperatur fluida yang lebih tinggi ke fluida lain yang lebih rendah (Supu, Usman, Basri, & Sunarmi, 2016). Proses perpindahan panas dapat terjadi melalui beberapa cara yaitu (Frank & David, 2002):

a. Konduksi

Proses ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara permukaan yang satu dengan permukaan yang lain pada media tersebut yang biasanya terjadi pada media padat atau media fluida yang diam. Perpindahan energi terjadi pada partikel yang bertemperatur tinggi menuju partikel dengan temperatur lebih rendah.

b. Konveksi

Proses ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang terjadi pada suatu permukaan media padat atau fluida yang diam menuju fluida yang mengalir atau bergerak dan sebaliknya. Temperatur media padat harus lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur fluida.

c. Radiasi

Proses perpindahan panas radiasi terjadi tanpa melalui perantara atau tanpa menggunakan media penghantar.

Dalam keadaan yang sebenarnya, ketiga proses diatas dapat terjadi dalam satu keadaan dengan besar peranan yang berbeda-beda. Saat perpindahan panas terjadi, temperatur dari benda tempat perpindahan panas itu terjadi dapat berubah-ubah atau konstan. Jika temperatur konstan, maka proses perpindahan panas dikatan stasioner (tidak dipengaruhi waktu) dan jika temperatur berubah-ubah, makan proses perpindahan panas tidak stasioner (Kreith, Manglik, & Bohn, 2003). Perpindahan panas dalam suatu sistem terdiri dari beberapa arah yaitu 1 arah, 2 arah dan 3 arah tergantung dari bendanya. Perpindahan panas ini juga dibedakan atas perpindahan panas dimensi satu, dua dan tiga (Frank & David, 2002).

2.2.8 Bahan Bakar

Terdapat beberapa bahan bakar yang dapat digunakan untuk melakukan pemanasan dengan daya yang berbeda-beda. Tabel 2.5 berikut merupakan beberapa bahan bakar dan daya pemanasannya.

Tabel 2 5 Perbandingan daya pemanasan bahan bakar

Bahan Bakar	Daya Pemanasan (Kcal/Kg)	Efisiensi Apparatus (%)	Daya Panas Bermanfaat (Kcal/Kg)
Kayu bakar	4000	15	600
Arang	8000	15	120
Minyak tanah	10479	40	4192
Gas kota	4500	55	2475
Elpiji	11255	53	5965
Listrik	860 (Kcal/KWh)	60	516 (Kcal/KWh)

Penelitian ini dapat menggunakan bahan bakar elpiji untuk mendukung proses pemanasan karena elpiji merupakan bahan bakar dengan daya pemanasan yang paling tinggi yaitu sebesar 11255 Kcal/Kg dan lebih besar dibandingkan bahan bakar yang lain. Selain elpiji, bahan bakar ampas tebu (*bagasse*) juga dapat dijadikan alternatif karena pembakaran dari ampas tebu memiliki nilai bakar 2305 Kkal/Kg dan nilai kalori sebesar 7588 kJ/Kg sehingga banyak digunakan oleh pabrik gula yang ada (Purwantana, Nurisi, & Markumningsih, 2009). Selain karena nilai bakar yang baik, pabrik gula tersebut juga memanfaatkan ampas tebu yang dihasilkan dari proses ekstraksi serta sebagai langkah penghematan dan pemanfaatan energi alternatif karena ketersediaan sumber daya alam yang semakin langka (Saechu, 2009).