

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Utilitas Produksi PS Madukismo

Utilitas merupakan unit yang menyediakan kebutuhan penunjang suatu proses supaya bias berjalan lancar. Proses produksi di PS Madukismo membutuhkan beberapa utilitas seperti antara lain: kebutuhan air, uap air (*steam*), listrik dan udara.

1. Unit Penyediaan Air

Air merupakan kebutuhan yang paling banyak digunakan dalam proses produksi alkohol seperti pada proses pemasakan, pembibitan, fermentasi, penyulingan, air umpan boiler, pencucian tangki, dll. Sumber air yang digunakan di PS Madukismo berasal dari Sungai Winongo yang letaknya 1,5km dari pabrik dan sumur bor.

Pada awalnya air dari sungai dipompa ke pabrik dan dilewatkan dua buah saringan kasar digunakan untuk pendingin pada tangki pembibitan dan tangki fermentasi. Untuk sarana penyediaan air bersihnya, PS Madukismo memiliki unit-unit pengolahan air yang terdiri dari:

a.) Tangki Saringan Pasir (*Sand Filter*)

Tangki saringan pasir terdiri dari beberapa tangki yaitu tangki A1, A2, B1 dan B2 yang masing-masing berkapasitas 21,226 m³. Fungsi tangki saringan pasir yaitu untuk menyaring kotoran yang masih ikut dan tidak tersaring oleh saringan kasar.

b.) Tangki Arang Aktif (*Carbon Filter*)

Tangki ini berfungsi mengikat kelebihan klorida dan menetralkan bau, warna, dan rasa dari air sungai. Tangki arang filter terdiri atas tangki A3 dan B3 yang masing-masing berkapasitas 21,226 m³.

c.) Tangki Hidrofor 3

Tangki ini memiliki kapasitas sebesar 11,775 m³. Tangki Hidrofor memiliki fungsi untuk menaikkan tekanan dan kecepatan aliran air yang keluar (*outlet*) menjadi konstan. Air bersih dari hasil tangki hidrofor ditampung di bak poeselin dan dipompa ke stsasiun penyulingan untuk air kondensor pada unit-unit destilasi dank e bagian lain yang memerlukan. Sementara itu air dari sumur langsung digunakan untuk pengenceran tetes, pendingin hasil produksi, dan laboratorium. Kebutuhan air pada stasiun boiler juga bersumber dari air sungai, namun air sungai tersebut telah mengalami perlakuan khusus di tangki *softener* untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki pada air umpan boiler yaitu:

1.) Garam Kalsium dan Magnesium

Kedua jenis garam ini merupakan garam sadah yang dapat menyebabkan timbulnya kerak pada boiler dan berdampak pada penurunan efisiensi kerja boiler.

2.) SiO₂ (Silikon Dioksida)

Adanya SiO₂ dalam air umpan boiler akan meningkatkan pembentukan karat yang keras dan apabila SiO₂ berinteraksi dengan garam kalsium dan magnesium akan menghasilkan silikat garam kalsium dan magnesium yang dapat menurunkan konduktivitas panas.

3.) Klorida

Air mpan boiler yang mengandung senyawa klorida akan menyebabkan korosi pada boiler karena klorida berifat korosif.

4.) Gas CO₂

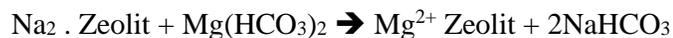
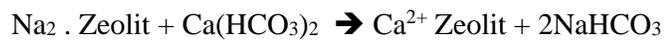
Air akan berubah sifat menjadi asam apabila mengandung gas CO₂. Hal ini tidak diinginkan karena dapat menyebabkan penurunan umur peralatan. Sifat air yang asam mengakibatkan penipisan material.

5.) Derajat Keasaman (pH)

Kondisi pH optimum untuk air umpan boiler yaitu antara 8,5 sampai 10,5. Apabila terlalu asam (pH < 7) maka air akan melarutkan Fe, apabila Fe terlarut terus menerus maka akan menyebabkan pengikisan lapisan lapisan luar dan mengakibatkan timbulnya kontaminasi. Namun apabila terlalu basa (pH > 11) akan menyebabkan lapisan pelindung Fe₃O₄ menjadi rapuh dan mengakibatkan tangki berlubang

d.) Tangki *Softener*

Air bersih dari bak porselen ke tangki *softener* untuk diberi perlakuan khusus. Tangki *softener* merupakan tangki yang digunakan untuk menurunkan kesadahan air. Tangki ini berjumlah 2 buah dan berisi resin. Dalam tangki *softener* terjadi proses pertukaran ion Ca dan Mg dengan ion Sodium. Garam Sodium dipilih sebagai penukar ion karena bersifat mudah larut dan tidak menimbulkan kerak dalam boiler. Reaksi umum pertukaran ionnya adalah sebagai berikut:



Apabila resin pada tangki sudah mulai jenuh maka perlu dicuci menggunakan air bersih yang dialirkan ke dalam tangki. Aliran air pencuci berlawanan arah dengan aliran ketika proses. Selanjutnya larutan garam dengan kadar 5 -10% dialirkan ke dalam tangki. Keluar dari tangki *softener*, air ditampung dalam tangki *deaeraor* untuk ditambahkan zat kimia Chempower 1001 dan 2001 yang berfungsi untuk penghilang dan pengontrol kerak serta mengikat oksigen penyebab korosi.

2. Unit Penyediaan Uap Air (*Steam*)

Di PS Madukismo, untuk sterilisasi tangki masakan, pembibitan, dan peragian serta proses destilasi di stasiun penyulingan, kebutuhan *steam* dipenuhi dari 1 buah boiler jenis pipa api dengan bahan bakar batu bara di stasiun boiler. Uap yang digunakan bersuhu 110 – 120 °C dengan tekanan 0,4 – 0,6 kg/cm³.

3. Unit Penyediaan Listrik

Tenaga listrik di PS Madukismo diperlukan untuk menggerakkan motor, pompa, dan untuk penerangan. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PG Madukismo yang dihasilkan dari 3 buah generator jenis turbin uap pada saat musim giling sedangkan saat tidak musim giling kebutuhan listrik diperoleh dari PLN.

4. Unit Penyediaan Udara

Udara di PS Madukismo disuplai dari sebuah kompresor tenaga listrik yang memiliki tekanan 0,8 kg/cm³. Penggunaan udara pada tangki pembibitan dimana terjadi proses pembiakkan sel-sel *yeast* (ragi) secara aerob. Udara ditampung dalam tangki kompresor lalu dilewatkan pada tangki penyaring udara yang berisi silica gel dan kapas. Selanjutnya udara dialirkan ke tangki penampung sementara untuk disalurkan ke tangki pembibitan.

4.2 Bahan Baku Produksi Spiritus

Untuk melakukan studi Produksi Bersih pada proses pembuatan spiritus di PS Madukismo, hal yang perlu diketahui salah satunya adalah bahan baku produksi spiritus. Bahan-bahan tersebut mencakup bahan baku serta bahan pembantu atau penunjang produksi. Untuk bahan baku pembuatan spiritus atau alkohol antara lain:

1. Tetes Tebu (Molase)

Tetes tebu memiliki komposisi dan kualitas yang berbeda-beda tergantung pada jenis tebu, sifat tebu, sifat tanah, dan cara proses pabrik gulanya. Warna dari tetes tebu biasanya coklat gelap kemerah-merahan, ini disebabkan oleh proses karamelisasi gula serta degradasi kimia dan termal dari komponen-komponen bukan gula. Komponen-komponen dari tetes tebu tersebut dapat dilihat sebagaimana pada Tabel 4.1 mengenai Komponen Tetes Tebu sebagai berikut:

Tabel 4.1 Komponen Tetes Tebu

No.	Komponen	Kisaran Persentase
1	Air	17 - 25 %
2	Fruktosa	5 - 12 %
3	Sukrosa	30 - 40 %
4	Glukosa	4 - 9 %
5	Gula Reduksi Lain	1 - 5 %
6	Protein Kasar	2.5 - 4.5 %
7	Asam Amino	0.3 - 0.5 %

Sumber: Lab. PS Madukismo

Tetes tebu memiliki pH antara 5,5 – 6,5 yang bersifat asam, hal ini disebabkan oleh adanya asam-asam organik bebas serta kondisi operasi pemrosesan gula. Tetes (*molase*) banyak mengandung gula invert dan kadar abunya cukup tinggi, terutama dari K_2O .

Tetes tebu di PS Madukismo ditampung dalam tangki-tangki penampung tetes. Sebelum dimasak, tetes diperiksa terlebih dahulu di laboratorium mengenai: Derajat brix, Polarisasi, Berat Jenis, dan Kadar Sakrosa dan Glukosanya. Tangki penampung tetes terletak di bagian depan pabrik, selain itu terdapat pula di bagian belakang pabrik. Untuk menjaga kemungkinan adanya pemuain dari tetes oleh panas matahari, dan untuk mengontrol permukannya maka dipasang indikator dengan sistem pengapungan.

2. Ragi (Yeast)

Yeast atau ragi termasuk dalam golongan tumbuhan jamur bersel satu, tidak memiliki klorofil dan termasuk golongan *Eumycetes*. Jenis-jenis dari golongan ini antara lain: *Saccharomyces anamensis*, *Schizo saccharomyces pombe*, dan *Saccharomyces cerevisiae*. Pada setiap ragi tersebut memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menfermentasi glukosa menjadi alkohol. Ragi dapat digunakan sebagai bahan baku produksi alkohol karena memiliki syarat-syarat untuk fermentasi antara lain: cepat berkembang biak, tahan pada alkohol berkadar tinggi, dan mempunyai sifat yang stabil.

Jenis *yeast* atau ragi yang sesuai untuk bahan dasar tetes adalah *Saccharomyces cerevisiae* karena ketahannya terhadap kadar alkohol tinggi paling kuat. PS Madukismo juga menggunakan ragi jenis ini yang mula-mula didatangkan dari Jerman Timur dan sekarang terus dipelihara dan dikembang biakkan di laboratorium pabrik ini.

Selain bahan-bahan baku yang telah dijelaskan di atas, terdapat pula bahan-bahn pembantu yang ditambahkan dalam menunjang proses produksi spiritus di PS Madukismo ini. Bahan pembantu ini ditambahkan untuk mempercepat pertumbuhan ragi. Bahan-bahan pembantu tersebut antara lain:

3. Urea

Urea ditambahkan untuk mencukupi kebutuhan Nitrogen. Jumlah urea yang ditambahkan dalam proses produksi spiritus adalah 5kg sekali masak untuk masing-masing tangki 3A dan 3B, serta 5kg sekali masak untuk masing-masing tangki 8/1, 8/2, 8/3.

4. NPK

NPK ditambahkan untuk mencukupi kebutuhan akan Fosfor. Jumlah NPK yang ditambahkan adalah 5kg sekali masak untuk masing-masing tangki 3A dan 3B.

5. Asam Sulfat

Asam sulfat ditambahkan dengan maksud antara lain:

- a.) Untuk mengatur pH tetes agar stabil pada angka 4,8 karena ragi akan bekerja pada optimal pada kadar pH ini.
- b.) Untuk membantu hidrolisis Sakarosa menjadi Glukosa dan Fruktosa sehingga dapat difermentasi oleh ragi.
- c.) Untuk mencegah kontaminasi oleh bakteri yang ada di udara.

Asam Sulfat hanya ditambahkan pada tangki 3A dan 3B masing-masing 4 liter sekali masak karena tetes dari tangki ini akan digunakan untuk membuat media pembibitan,

6. Superflok

Superflok diperlukan pada tangki fermentasi untuk membantu pengendapan kotoran sehingga tidak timbul kerak dalam kolom destilasi. Biasanya ditambahkan sebanyak 300 gram yang sebelumnya dilarutkan dalam 1 liter alkohol dan kemudian ditambahkan air sehingga 20 liter.

7. Turkey Red Oil (TRO)

TRO ditambahkan untuk mencegah terjadinya buih pada tangki akibat aktivitas ragi. TRO ditambahkan sebanyak 2 liter pada setiap tangki.

4.3 Proses Produksi Spiritus

Proses produksi spiritus atau alkohol di PS Madukismo Yogyakarta terdiri dari beberapa proses tahapan, yaitu antara lain: Pemasakan, Pembibitan, Fermentasi atau Peragian, Penyulingan, dan proses pembuatan spiritus.

1. Pemasakan

Proses pemasakan meliputi proses pengenceran penambahan asam dan zat-zat makanan. Tetes yang berasal dari PG Madukismo masih sangat pekat (900 brix) sehingga perlu diencerkan untuk memperoleh kadar gula yang optimum. Kadar gula yang tinggi akan menghambat pertumbuhan *yeast* sehingga tidak semua gula dapat terfermentasi. Sedangkan kadar gula yang rendah menyebabkan hasil yang diperoleh sedikit.

Tetes dari tangki penimbun atau penyimpan dipompa menggunakan *screw pump* disalurkan untuk mengisi tangki pemasakan tetes 3A, 3B, 8/1, 8/2, dan 8/3 secara bergantian. Mula-mula tangki masakan 3A yang sudah disterilkan diisi air sebanyak 7700 liter kemudian sambil diaduk ditambahkan tetes serta bahan bantu dan asam sulfat hingga 9000 liter. Kemudian diambil sedikit contoh untuk diperiksa derajat brix-nya. Derajat brix yang dikehendaki di sini adalah 14 karena pada derajat brix ini *yeast* akan berkembang biak dengan optimum. Jika derajat brixnya di atas 14, maka akan ditambahkan air, sedangkan apabila di bawah 14 akan ditambahkan tetes.

Pada tangki pemasakan 3B dilakukan pengenceran yang hampir sama dengan tangki 3A, tetapi derajat brix-nya dibuat menjadi 18. Pada tangki 8/1, 8/2, dan 8/3 dilakukan pengenceran yang hampir sama dengan tangki 3A, namun derajat brix yang dikehendaki adalah 55, selain itu sebagai bahan pembantu di sini ditambahkan urea sebanyak 5kg dan tidak ditambahkan asam sulfat H_2SO_4 . Pada tangki masakan 3A dan 3B, setelah molasanya dipindahkan ke tangki pembibitan, maka sebelum pengisian

selanjutnya harus dikuras terlebih dahulu. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kontaminasi dengan bahan-bahan sebelumnya. Pada stasiun masakan, proses yang terjadi dapat dilihat melalui table berikut:

Tabel 4.2 Proses pada Stasiun Masakan

No.	Tangki (V=9000 L)	IN (Bahan Baku)				OUT (Produk)	
		Air (L)	Tetes 900 Brix (L)	NPK & Urea (kg)	H ₂ SO ₄ (L)	Tetes dengan Brix dikehendaki	Jumlah (L)
1	3A	7700	±1300	5	2	14	9000
2	3B	7700	±1300	5	2	18	9000
3	8/1	7700	±1300	5	-	55	9000
4	8/2	7700	±1300	5	-	55	9000
5	8/3	7700	±1300	5	-	55	9000
Ket:	Apabila brix yang dihasilkan belum sesuai yang dikehendaki: jika nilai brixnya terlalu tinggi akan ditambah air, jika terlalu rendah akan ditambah tetes						

2. Pembibitan

Proses pembibitan ini merupakan pembibitan sel *Saccharomyces cerevisiae*. Proses pembibitan ini meliputi beberapa tahapan yaitu pembuatan starter dalam laboratorium dan pembuatan bibit dalam tangki-tangki bibit. Pembuatan starter bertujuan untuk memperbanyak *yeast* dan melatih *yeast* dalam suasana media.

Dalam stasiun pembibitan PS Madukismo terdiri dari 5 jenis tangki, yaitu:

- 1.) Tangki Karlsberger (Tangki 19)
- 2.) Tangki pembibitan tingkat 1 (Tangki 20)
- 3.) Tangki pembibitan tingkat 2 (Tangki 21)
- 4.) Tangki pembibitan tingkat 3 (Tangki 22)
- 5.) Tangki pembibitan utama (Tangki 25)

Pembuatan bibit pada tangki 19,20, dan 21 hanya dilakukan sekali saja yaitu pada saat awal musim suling, sedangkan pembibitan pada tangki 22 dan 25 merupakan siklus yang terus menerus berlangsung selama masa suling

a.) Tangki Karlsberger (Tangki 19)

Tangki ini sebelum dipakai disterilkan terlebih dahulu, setelah dimasukkan 10 liter tetes brix 14 yang mengandung nutrisi dan keasaman yang sama dengan starter dalam laboratorium. Sebanyak 2480 cc dari laboratorium dimasukkan ke dalam tangki ini bibit didiamkan selama 24 jam pada suhu 28 – 30°C, sambil dialirkan udara secara perlahan-lahan selama 4 jam pertama. Pada pembibitan ini terjadi panas, oleh karena itu untuk menjaga suhu tetap sama, tangki ini disiram atau dialirkan air pada bagian atasnya. Selanjutnya dapat dilihat apakah terjadi gas CO₂ atau tidak. Jika ada berarti pertumbuhan *yeast* berjalan dengan baik. Setelah 24 jam isi tangki ini 19 dipindahkan ke tangki 20.

b.) Tangki pembibitan tingkat 1 (Tangki 20)

Pada tangki 20 yang sebelumnya sudah disterilkan, dimasukkan 36 liter tetes brix 14 dengan nutrisi dan keasaman yang sama dengan tangki 19 sebelumnya. Selanjutnya bibit dari tangki 19 ditambahkan hingga volume larutan kurang lebih 48 liter, larutan ini dibiarkan selama 24 jam pada suhu 28 – 30°C dan dialiri udara secara terus menerus selama 4 jam. Setelah berumur 24 jam maka isi tangki ini dipindahkan ke tangki pembibitan tingkat 2 atau tangki 21.

c.) Tangki pembibitan tingkat 2 (Tangki 21)

Tangki 21 harus disterilkan terlebih dahulu, setelah itu bibit dari tangki 20 sebanyak 48 liter dipindahkan ke tangki 21 yang sebelumnya diisi 432 liter tetes brix 14, sehingga volume total 480 liter. Bibit ini kemudian dibiarkan selama 24 jam sambil dialiri udara selama 4 jam untuk kemudian dipindahkan ke tangki 22.

d.) Tangki pembibitan tingkat 3 (Tangki 22)

Tangki pembibitan tingkat 3 atau tangki 22 terdiri dari 3 buah tangki, yaitu tangki 22/1, 22/2, dan 22/3 dengan volume masing-masing 4086 liter. Sebelum dipakai terlebih dahulu tangki harus dikuras agar tidak ada at-zat dalam proses sebelumnya yang tertinggal. Tangki 22 dilengkapi dengan pipa-pipa pendingin di dalam tangki dan di luar tangki diberi penangkap CO₂ serta thermometer. Bibit dari tangki 21 sebanyak 480 liter dimasukkan ke dalam tangki 22/1 lalu ditambahkan dengan tetes brix 14 dari tangki 3A sehingga volume larutan menjadi 3010 liter. Selanjutnya dialirkan udara selama 6 jam dan dibiarkan 14 jam. Dengan adanya aktivitas bakteri maka larutan lam kelamaan akan mengencer sehingga derajat brix akan turun.

Setelah waktu pembibitan berlangsung selama 14 jam isi tangki 22/1 ini lalu diambil 350 liter untuk dipindahkan ke tangki 22/2. Di tangki 22/2 kemudian larutan dijadikan 3010 liter dengan menambahkan tetes dari tangki 3A, kemudian dialirkan udara selama 6 jam dan didiamkan selama 14 jam. Bibit pada tangki 22/2 setelah ini diambil 350 liter untuk dipindahkan ke tangki 22/3 demikian seterusnya sehingga siklus pada tangki 22 menjadi siklus yang tidak terhenti. Sedangkan sisa dari tangki 22 sebanyak 2660 liter dimasukkan ke tangki 25/1, 25/2, atau 25/3 sesuai kebutuhan.

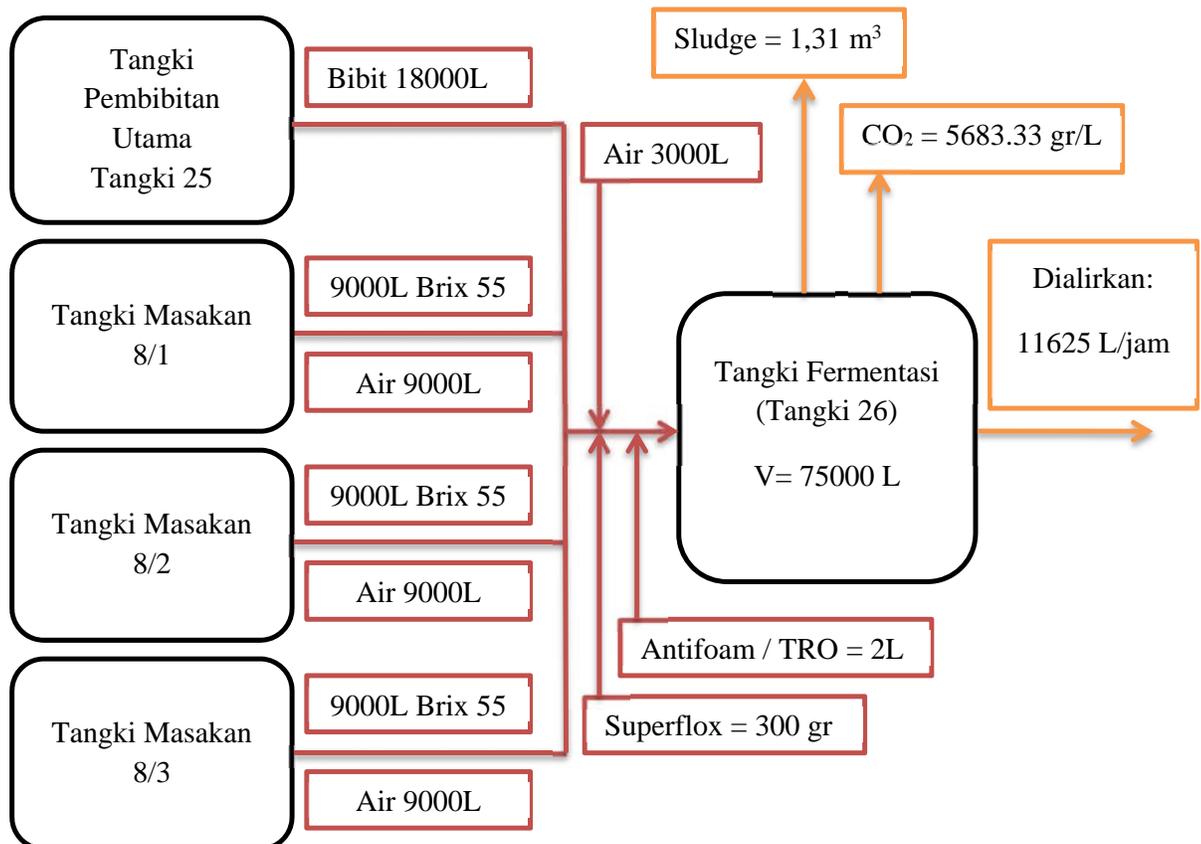
e.) Tangki pembibitan utama (Tangki 25)

Terdapat 3 tangki pada tangki pembibitan utama yaitu tangki 25/1, 25/2 dan 25/3 dengan volume 18.000 L yang harus dikuras sebelum dipakai agar steril. Bibit pada tangki 22 sebanyak 2660 liter dikembangkan menjadi 18.000 liter dengan menambahkan tetes dari tangki 3A, sisa dari pemindahan ke tangki 22, sebanyak 6430 liter dan 9000 liter dari tangki 3B brix 16. Suhu dijaga 28 –

30°C dengan pendingin. Setelah 14 jam seluruh larutan dimasukkan ke tangki peragian utama.

3. Peragian (Fermentasi)

Dalam proses peragian menggunakan tangki peragian utama yang terdiri dari 10 tangki dengan kapasitas masing-masing 75000 liter. Bibit yang telah dikembangkan melalui proses pembibitan selama 14 jam dialirkan seluruhnya ke tangki peragian utama dan ditambahkan tetes brix 55 dan ditambah 9000 liter air dan ditambahkan lagi air sampai volumenya pas menjadi 75000 liter. Dalam proses ini udara tidak lagi diberikan udara seperti proses sebelumnya karena hanya untuk proses peragian. Proses ini berlangsung selama 48 jam pada suhu 30°C dan ditandai dengan tidak berubahnya derajat Brix.



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Peragian / Fermentasi



Gambar 4.2 Tangki Pembibitan dan Fermentasi

Foto berikut adalah tangki-tangki pembibitan (Tangki 25) dan tangki fermentasi (tangki 26).

4. Penyulingan (Destilasi)

Proses penyulingan atau distilasi adalah salah satu cara untuk memisahkan campuran melalui beda titik didihnya, dengan pemanasan untuk mendapatkan kadar komponen yang lebih murni. Untuk pemanasan digunakan uap dengan suhu 120 – 140° C dan bertekanan 3 bar.

Alat penyulingan yang digunakan ada empat jenis, antara lain:

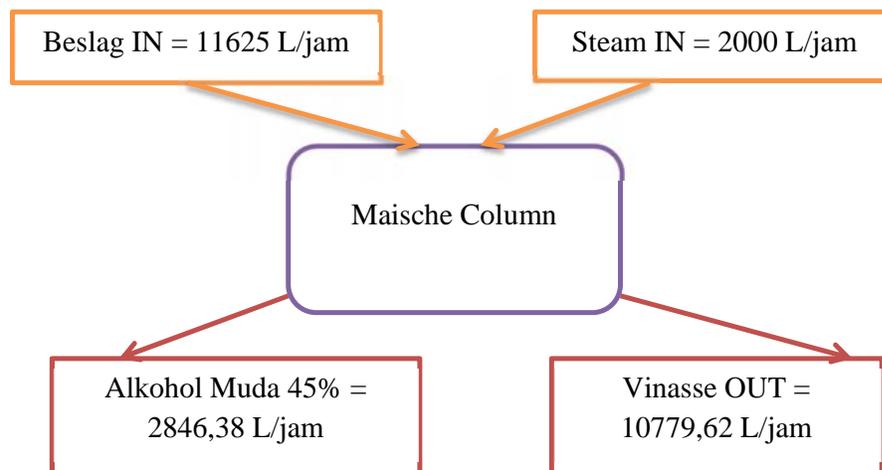
- a.) Dua kolom kasar (*Maische column*) 16 plate
- b.) Satu kolom teknis (*Voorlop column*) 45 plate
- c.) Satu kolom pemurnian (*Rektifiser column*) 68 plate
- d.) Satu kolom terakhir (*Nachlop column*) 63 plate

A.) Kolom Kasar (*Maische Column*)

Proses penyulingan yang pertama adalah pada kolom kasar (*Maische column*) yang dialirkan dari tangki fermentasi yang memiliki kadar alkohol 9-10%. Pada kolom kasar ini *Beslag* (hasil fermentasi) dialirkan melalui pemanas atau *voorwarmer* pada suhu 70 – 80°C

sehingga terjadi pemisahan alkohol melalui penguapan alkohol dalam *beslag* dimana diperoleh hasil bawah berupa vinasse yang kemudian dialirkan ke IPAL, dan hasil atas berupa alkohol dengan kadar sekitar 45% yang kemudian dikondensasikan kembali untuk berikutnya masuk ke kolom teknis (*Voorlop column*).

Pada kolom kasar, jumlah bahan yang masuk ke kolom kasar (*Maische Column*) sebesar 11625 L/jam dengan besar *steam* sebesar 2000 kg/jam. Pada kolom ini besarnya bahan yang keluar yaitu hasil atas berupa distilat sebesar 2846,38 kg/jam dan hasil bawah berupa vinasse sebesar 10778,62 kg/jam.



Gambar 4.3 Neraca Massa pada Kolom Kasar (*Masiche Column*)

Di bawah ini adalah hasil dokumentasi dari tangki destilasi yaitu tangki kolom kasar atau biasa disebut dengan *Masiche Column*.

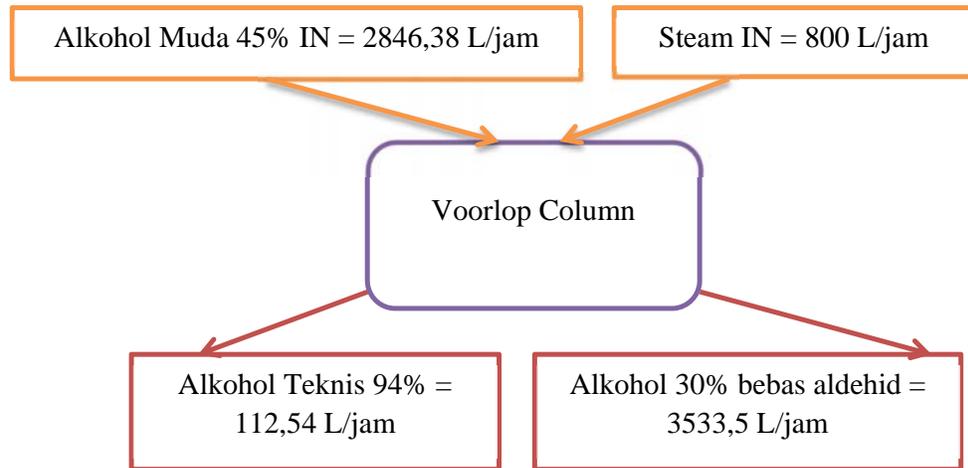


Gambar 4.4 Tangki kolom kasar (*Maische Column*)

B.) Kolom Teknis (*Voorlop Column*)

Pada kolom teknis (*Voorlop column*), sama seperti proses sebelumnya terjadi pemisahan larutan dengan hasil atas berupa alkohol teknis 94% dengan kadar aldehid cukup tinggi sehingga hanya cocok untuk dijadikan alkohol teknis atau yang nantinya akan diproses menjadi spiritus. Sedangkan hasil bawahnya berupa alkohol dengan kadar 30% bebas aldehid dimasukkan ke dalam kolom pemurnian (*Rektifiser column*).

Umpan (distilat dari kolom kasar) yang masuk pada kolom teknis (*Voorlop Column*) sebesar 2846,38 kg/jam dan besar uap *steam* 800 kg/jam. Pada proses ini, keluaran pada hasil atas berupa alkohol teknis 94% sebesar 112,54 kg/jam dan hasil bawah berupa alkohol berkadar 30% bebas aldehid sebesar 3533,5 kg/jam.

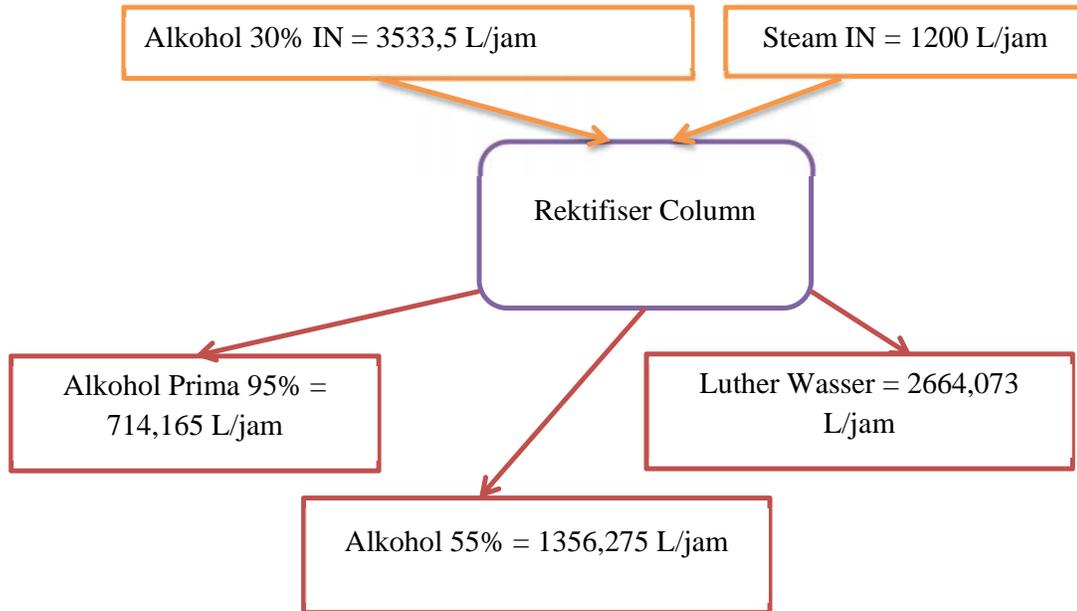


Gambar 4.5 Neraca massa pada Kolom Teknis (*Voorlop Column*)

C.) Kolom Pemurnian (*Rektifiser Column*)

Pada kolom pemurnian (*Rektifiser column*) diperoleh hasil atas berupa alkohol prima 95% yang kemudian dilewatkan kondensor dan didinginkan untuk ditampung di tangki penimbun. Hasil bawah berupa *luther wasser* yang kemudian dialirkan ke IPAL. Dalam proses ini terdapat pula hasil sampingan berupa alkohol 55% yang akan dikirim ke kolom terakhir (*Nachlop column*) yang hasilnya berupa alkohol prima dengan kadar lebih atau sama dengan 95% .

Pada proses ini, bahan masuk yaitu alkohol 30% bebas aldehid yang berasal dari *voorlop column* sebesar 3533,5 kg/jam dan besar *steam* yaitu 1200 kg/jam. Pada *rektifiser column* dihasilkan 3 keluaran yaitu alkohol prima 95% sebesar 714,165 kg/jam, hasil tengah berupa alkohol 55% sebesar 1356,275 kg/jam dan hasil bawah berupa *luther wasser* sebesar 2664,073 kg/jam.



Gambar 4.6 Neraca Massa pada Kolom Pemurnian (*Rektifiser Column*)

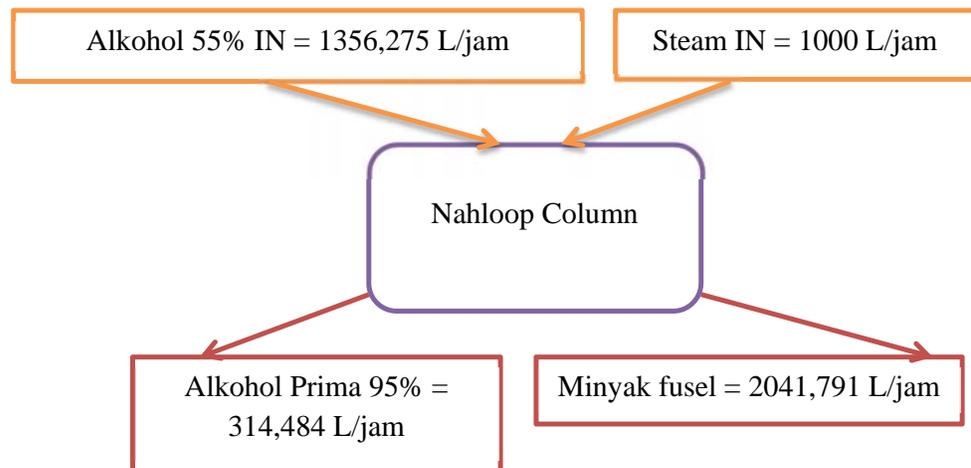
Berikut adalah foto dari tangki penyulingan atau destilasi yaitu tangki pemurnian atau biasa disebut *Rektifiser Column* pada sebelah kiri yang dilapisi dengan alumunium yang berada di sebelah kiri,serta tangki terakhir pemisahan atau biasa disebut *Nachlop Column* sebelah kanan.



Gambar 4.7 *Rektifiser Column* (kiri) dan *Nachlop Column* (kanan)

D.) Kolom Terakhir (*Nahloop Column*)

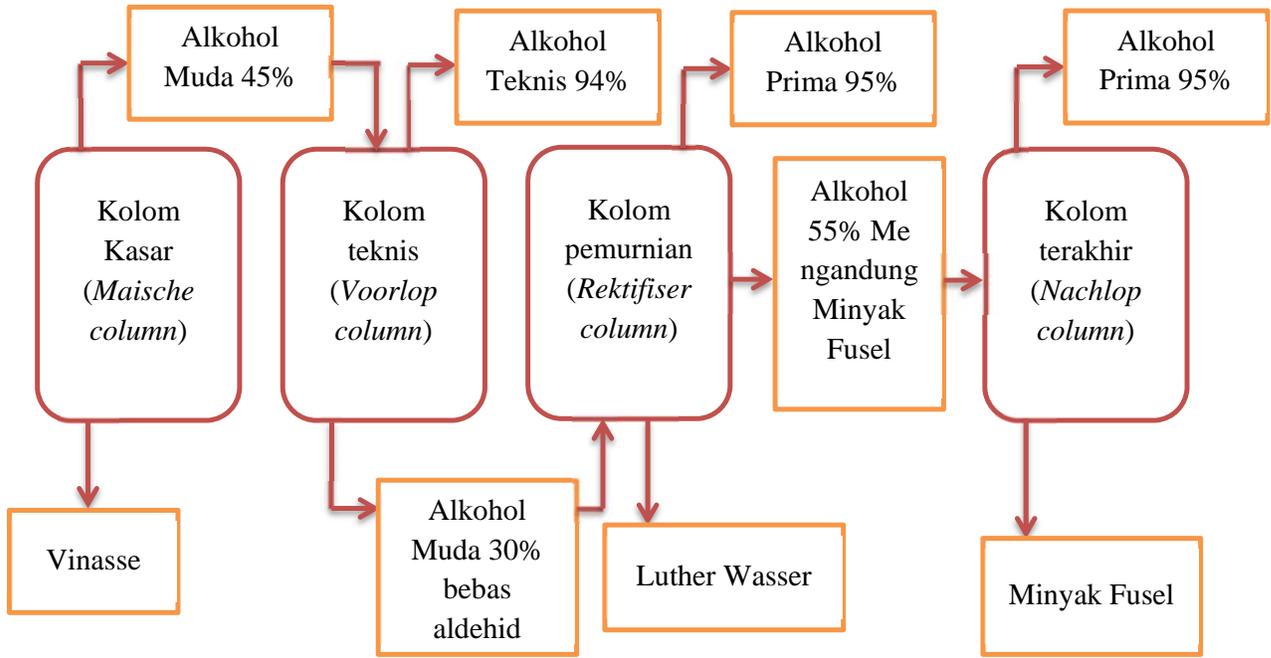
Pada kolom terakhir (*Nahloop column*) diperoleh hasil atas berupa alkohol prima 95% yang kemudian dilewatkan kondensor dan didinginkan untuk ditampung di tangki penimbun. Hasil bawahnya berupa minyak fusel. Pada proses ini, bahan masuk yaitu alkohol 55% sebesar 1356,275 kg/jam dan besar *steam* yaitu 1000 kg/jam. Pada *Nahloop column* dihasilkan 2 keluaran yaitu alkohol prima 95% sebesar 314,484 kg/jam dan hasil bawah berupa minyak fusel sebesar 2041,791 kg/jam.



Gambar 4.8 Neraca Massa pada *Nahloop Column*

Dari beberapa diagram alir neraca massa pada tiap tangki proses destilasi dari kolom kasar sampai kolom terakhir, dapat diketahui bahwa jumlah bahan yang masuk dan keluar adalah sama, dengan limbah dan produk yang telah diketahui jumlahnya. Dari tabel di bawah dapat diketahui pula bahwa dalam proses ini limbah yang dihasilkan adalah kurang lebih sebesar 90% yang didominasi oleh limbah vinasse. Dan karena limbah minyak fusel serta *luther wasser* yang dianggap kecil maka di PS Madukismo dua jenis limbah ini dijadikan satu aliran dengan limbah vinasse untuk mendapatkan perlakuan pengolahan limbah yang sama.

Berdasarkan penjelasan di atas, proses destilasi atau penyulingan dapat dibuat menjadi sebuah diagram alir sebagai berikut:



Gambar 4.9 Proses Destilasi Alkohol

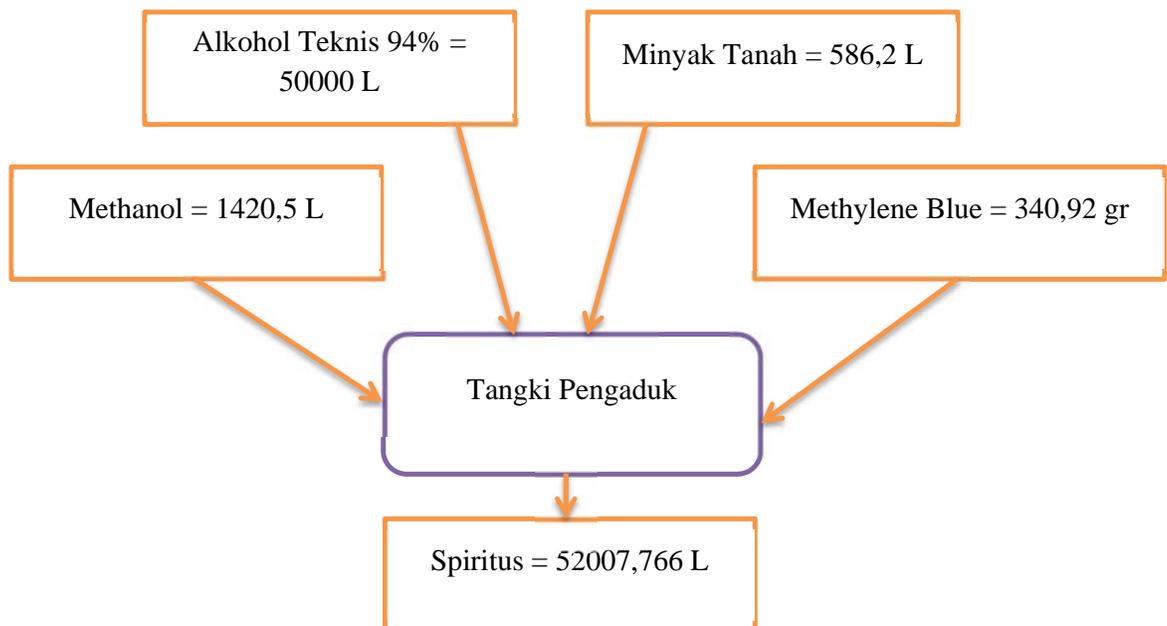
Alkohol Teknis 94% adalah bahan yang akan diolah menjadi spiritus, sedangkan Alkohol Prima 95% dapat dipasarkan langsung. Panah ke atas adalah hasil atas, sedangkan panah ke bawah adalah hasil bawah proses pemisahan atau destilasi. Limbah Vinasse, Luther Wasser, dan Minyak Fusel pada prakteknya dijadikan satu aliran dalam proses pengolahan limbah karena jumlah luther wasser dan minyak fusel sangat sedikit hanya sekitar 0,5% dari produksi. Sedangkan diketahui bahwa limbah vinasse yang terbentuk dari proses itu adalah sekitar 90% dari produksi, sehingga bertambahnya luther wasser dan minyak fusel tidak akan mempengaruhi kualitas vinasse yang dihasilkan oleh PS Madukismo.

Tabel 4.3 Neraca Massa Bahan dan Produk pada Proses Destilasi

INPUT	Jumlah (kg/jam)	OUTPUT	Jumlah (L/jam)
Bahan Masuk	11625	Vinasse	10779
Steam	5000	Luther Wasser	2663
		Minyak Fusel	2042
		Alkohol Teknis 94%	113
		Alkohol Prima 95%	1029
Neraca Massa	16625		16625

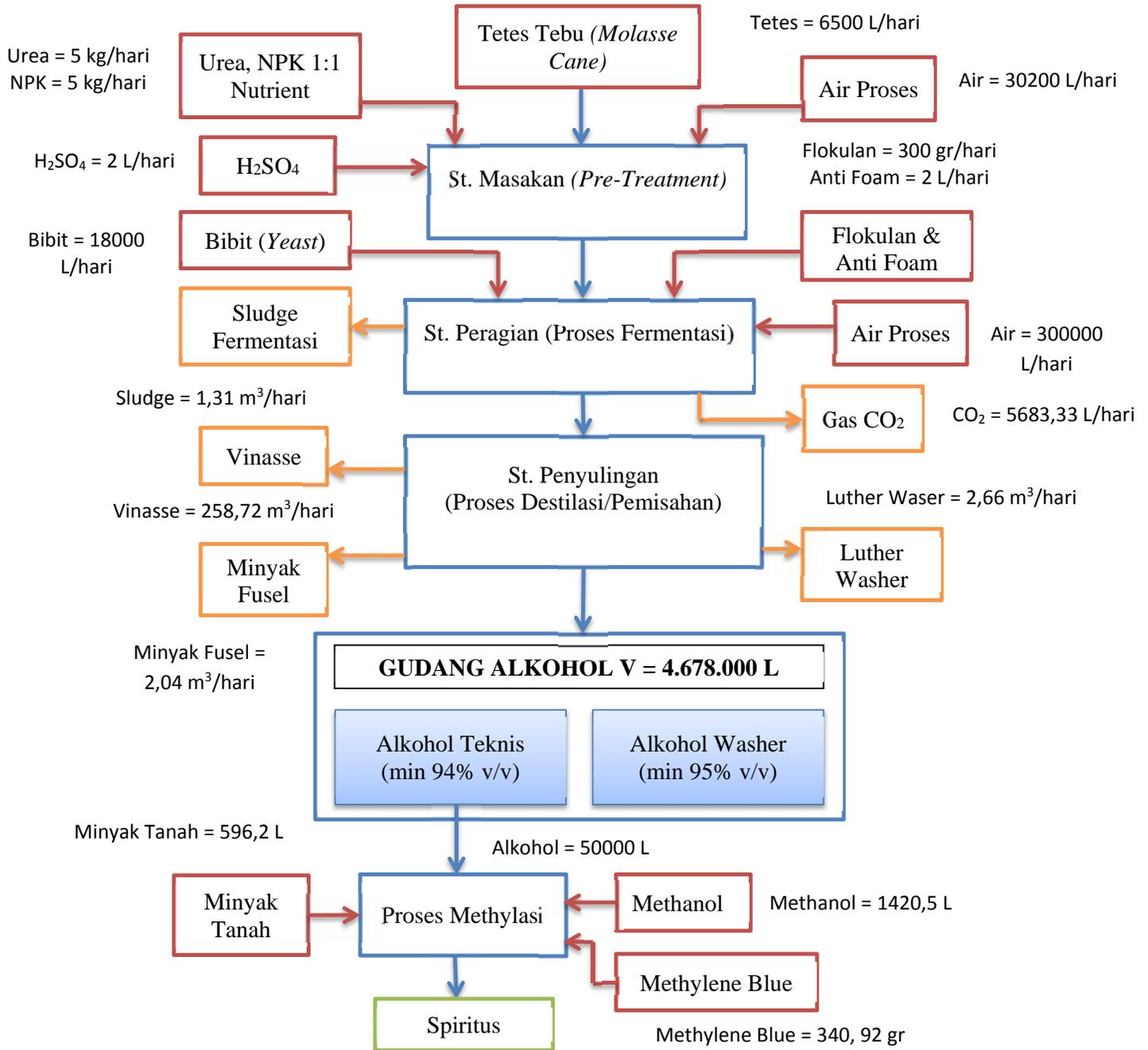
5. Proses Pembuatan Spiritus

Dalam proses produksi spiritus, alkohol teknis dari hasil proses penyulingan dimasukkan ke dalam tangki pengaduk yang sebelumnya sudah ditentukan kadarnya (94%) sebanyak 50.000 liter. Setelah itu ditambahkan minyak tanah sebanyak 586,2 liter, methanol 1420,5 liter, dan 340,92 gram *methylene blue*. Diaduk dengan mensirkulasikan campuran tersebut dengan pompa selama kurang lebih 2 jam sampai homogen. Setelah homogen akan dikeluarkan untuk dimasukkan ke tangki ukur dan akhirnya disimpan dalam drum untuk dipasarkan.



Gambar 4.10 Neraca Massa Proses pembuatan Spiritus

Produksi spiritus di PS Madukismo dapat dibuat diagram alir berikut:



Gambar 4.11 Diagram Alir Proses Produksi Spiritus (Sumber: Data Kantor bagian PS Madukismo)

4.4 Karakteristik Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh PS Madukismo yaitu limbah cair diolah dalam IPAL yang dimiliki oleh pabrik Madukismo. Jumlah limbah cair dari hasil proses produksi spiritus berupa vinasse kurang lebih 258,72 m³/hari. Selain itu ada juga jenis-jenis limbah cair yang dihasilkan oleh PS Madukismo, antara lain:

1. Vinasse, merupakan hasil bawah dari kolom kasar (*Maische column*).
2. *Luther Wasser* dan minyak fusel, merupakan hasil bawah dari *Rektifiser* dan *Nachlop column*.
3. Air bekas pencucian tangki dalam drum serta alat-alat lainnya.
4. Limbah cair yang berasal dari kamar mandi, WC, wastafel, dan sarana pencucian lain.

Limbah cair vinasse PS Madukismo memiliki karakteristik yang beragam jika dilihat dari sifat fisika, kimia dan biologis. Penggolongan karkteristik limbah cair PS Madukismo antara lain:

1. Fisik: Berwarna keruh pekat, suhu relatif tinggi, konsisten kental (lemak protein), berat jenis relatif tinggi (zat organik terlarut), zat padat tersuspensi relatif tinggi dan berbuih.
2. Kimia: pH cenderung rendah, mengandung senyawa organik, lemak, proteindan karbohidrat.
3. Biologis: Mengandung bakteri pathogen/apathogen, fungi, virus dan algae



Gambar 4.12 Limbah Vinasse

Beberapa karakteristik parameter penyusun limbah PS Madukismo berdasarkan pengujian laboratorium adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Kualitas Limbah Vinasse PS Madukismo

No.	Parameter	Nilai
1.	Suhu	41°C
2.	Bau	Berbau
3.	Warna	Berwarna kecoklatan
4.	pH	4-5
5.	Besi (Fe)	10.0 mg/L
6.	Mangan (Mn)	1.04 mg/L
7.	Barium (Ba)	3.0 mg/L
8.	Flourida (F)	16.0 mg/L
9.	Sulfida (H ₂ S)	7.67 mg/L
10.	Nitrat (NO ₃ -N)	20.77 mg/L
11.	BOD	3853.4 mg/L
12.	COD	6435.88 mg/L
13.	Phenol	4.25 mg/L

Sumber: Lab PS Madukismo

Berdasarkan PERDA Provinsi DIY no.7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah, batas maksimum air limbah yang dikeluarkan tidak boleh melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.5 Baku Mutu Air Limbah Industri Ethanol

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (Kg/Ton)
BOD ₅	100	1.5
COD	30	4.5
TDS	2000	30
TSS	100	1.5
Sulfida (Sebagai S)	0.5	0.0075
Minyak dan Lemak Total	5	0.075
Suhu	±3°C terhadap suhu udara	
pH	6.0 - 9.0	
Debit Limbah Paling Banyak (m ³ / ton produk)	15	

Sumber: PERDA Provinsi DIY no.7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah

Jika dibandingkan dengan nilai baku mutu pemerintah, diketahui bahwa kualitas air limbah PS Madukismo yaitu *vinasse* memiliki nilai yang jauh lebih tinggi di atas batas yang diperbolehkan, terlihat dari parameter suhu, pH, BOD, COD, dan Sulfida. Karena nilai yang terlalu tinggi tersebut, dengan volume yang besar, menimbang untuk mengolah limbah tersebut memerlukan unit yang kompleks dengan biaya yang tinggi, melalui *Cleaning Production* ini diharapkan limbah tersebut dapat dimanfaatkan menjadi produk lain yang memiliki nilai ekonomis.

Untuk limbah *sludge* dan CO₂, sampai saat ini PS Madukismo belum melakukan uji lab sehingga belum ada data mengenai karakteristik *sludge* maupun CO₂ serta data riil jumlah limbahnya. Sludge hanya disebutkan ±10% dari produksi dan hanyut dalam air ketika dilakukan pembersihan pada tangki sedangkan untuk CO₂ belum ada pengukuran secara langsung yang dilakukan.

4.5 Pengolahan Limbah Eksisting

Dalam proses pengolahan limbahnya, IPAL PS Madukismo mengolah limbahnya melalui beberapa tahapan yaitu *pre-treatment* dan *secondary treatment*. Pada tahapan pengolahan pendahuluan, proses ini terdiri dari penyaringan dan pembersihan limbah dengan *cartridge system* untuk membersihkan limbah dari benda-benda mengapung. Tahapan ini dilakukan untuk memperlancar proses dan melindungi kerusakan peralatan yang dipakai pada tahapan selanjutnya. Beberapa unit yang digunakan dalam proses pendahuluan antara lain:

1. *Grit Chamber*, digunakan untuk menangkap pasir dan kerikil kasar.
2. *Cooling Tray System*, digunakan untuk menurunkan kandungan zat terlarut dalam air.
3. *Flash Mix*, digunakan untuk membuat campuran limbah homogen dengan pengaduk.
4. *Microstraining*, merupakan saringan yang terdiri dari bahan drum yang berputar dengan *cover Stainless Steel*.



Gambar 4.13 *Cooling Tray System*

Pada kondisi eksistingnya, tahapan selanjutnya setelah melewati *Cooling Tray System*, limbah cair dari proses produksi spiritus yang berupa vinasse akan disalurkan ke kolam terbuka penampung vinasse. Limbah vinasse yang ada di kolam penampung sudah memiliki suhu yang tidak panas namun bau khas limbah vinasse masih tercium.



Gambar 4.14 Penampung Vinasse

4.6 Studi Konsep 5R

Berdasarkan diagram alir proses produksi spiritus dan sistem pengolahan limbah eksisting yang ada di PS Madukismo, telah diketahui apa saja dan berapa banyak bahan masuk dan limbah yang keluar serta bagaimana limbah tersebut diolah. Melalui data tersebut, maka selanjutnya dapat dilakukan studi potensi produksi bersih berdasarkan konsep 5R yaitu *Rethink*, *Reduce*, *Reuse*, *Recycle*, dan *Recovery*. Studi potensi produksi bersih dilakukan melalui studi literatur tentang potensi apa saja yang memungkinkan untuk dilakukan berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah ada sebelumnya.

1. Rethink

Re-think (berpikir ulang) adalah suatu konsep yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi, dengan implikasi :

- Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik pada proses maupun produk yang dihasilkan, sehingga harus dipahami betul analisis daur hidup produk
- Upaya produksi bersih tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak terkait pemerintah, masyarakat maupun kalangan usaha

Upaya-upaya yang dilaksanakan pemerintah adalah dengan mengembangkan kebijaksanaan yang kondusif bagi penerapan produksi bersih disamping selalu melakukan upaya peningkatan kesadaran masyarakat mengenai konsep produksi bersih, misalnya melalui jalur pendidikan dan pelatihan, melaksanakan proyek-proyek percontohan (*demonstration project*) serta penyebarluasan informasi melalui seminar, penyuluhan dan kegiatan lainnya yang berkaitan dengan produksi bersih.

Salah satu upaya tersebut meliputi anjuran pelaksanaan produksi bersih termasuk berbagai perangkat manajemen lingkungan, seperti audit lingkungan, sistem manajemen lingkungan (ISO 14001), evaluasi kinerja lingkungan, ekolabel dan produktivitas ramah lingkungan (*green productivity*) di Indonesia.

Khusus di kota Bantul sendiri, upaya pemerintah dalam menunjang produksi bersih tercantum dalam PERDA Provinsi DIY no.7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu “melaksanakan pembinaan dan pengawasan penerapan sistem informasi manajemen lingkungan, ekolabel, produksi bersih dan teknologi berwawasan lingkungan yang mendukung pola produksi dan konsumsi yang berkelanjutan”.

Partisipasi masyarakat sebagai konsumen dalam menunjang pola pikir produksi bersih misalnya dapat dilakukan dengan cara hanya membeli barang atau produk yang ramah lingkungan (*environmentally products*) dari

hasil daur ulang produk suatu industri disamping mendorong dan berpartisipasi dalam kegiatan-kegiatan program efisiensi, dan daur ulang. Khususnya masyarakat yang berada di kawasan PT. Madubaru Madukismo dapat membantu apabila ada agenda kegiatan ramah lingkungan yang dilakukan PT. Madubaru.

Sedangkan dari industri itu sendiri yaitu PT. Madubaru Madukismo khususnya bagian PS Madukismo meskipun belum menerapkan konsep produksi bersih namun telah melakukan banyak usaha dengan pola pikir ramah lingkungan salah satunya dengan terus mengupayakan penelitian tentang pemberdayaan limbah yang mungkin untuk dilakukan khususnya terhadap limbah vinasse.

2. Reduce

Tinjauan dari segi *reduce* adalah dengan mengkaji ada tidaknya upaya untuk mengurangi timbulan limbah pada sumbernya atau upaya untuk pengurangan pemakaian energi. Pengurangan timbulan limbah akan menaikkan efisiensi produksi dan mengurangi pemakaian bahan baku dan energi.

Tindakan-tindakan pengurangan bisa berupa penggantian bahan utama menggunakan bahan pengganti yang lebih ramah lingkungan, pengurangan pemakaian air dan energi dengan cara perbaikan proses produksi / operasi, penggantian peralatan / teknologi yang lebih efisien atau perubahan tata letak.

Dalam industri produksi spiritus oleh PS Madukismo, *reduce* dapat dilakukan dengan mengurangi air yang digunakan dalam fermentasi, karena diketahui bahwa vinasse dapat digunakan sebagai substituent. Selain itu vinasse yang diolah menjadi biogas dapat pula berpengaruh terhadap reduksi bahan bakar yang digunakan.

3. Recycle

Recycle (daur ulang) adalah menggunakan kembali limbah yang masih dapat digunakan untuk fungsi yang sama ataupun fungsi lainnya dalam siklus atau proses sebelumnya. Namun, beberapa kelemahan dari *recycle* dibandingkan *reuse* adalah proses *recycle* memerlukan energi besar, misalnya dalam peleburan dan pencetakan ulang plastik botol bekas. Sebaliknya dalam *reuse* bila kita menggunakan langsung botol, kita hanya akan memerlukan penyucian atau pembersihan botol saja. Dalam penelitian ini, proses produksi Spiritus menghasilkan beberapa limbah vinasse yang sangat potensial untuk dilakukan proses *recycle*.

Dalam industri produksi Spiritus oleh PS Madukismo, diketahui terdapat beberapa potensi untuk dilakukan *recycle* yaitu pada utilitas air pengencer pada medium fermentasi (Deysi, 2004).

Ada juga salah satu penelitian lain yaitu pemanfaatan limbah vinasse menjadi biogas menggunakan reactor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) bervolume 9L. Dengan starter yang dibuat dengan mencampurkan sludge dengan vinasse. Rasio kandungan COD terhadap biomassa untuk fermentasi dibuat menjadi 0,1 gr COD/gr MLVSS, dengan mencampurkan vinasse dengan konsentrasi 10.000 mg COD/L dan MLVSS 100.000 mg/L. Kemudian pH media diatur menjadi 7 dengan menambahkan larutan NaOH 2 N atau H₂SO₄ 2 N. Campuran ini kemudian diinkubasi selama 5 hari. Starter yang sudah siap kemudian dimasukkan ke dalam bioreaktor sebanyak 4 L (setengah dari volume reaktor), kemudian ditambah dengan larutan vinasse hingga mencapai volume operasi 9 L.

Hasil dari penelitian ini adalah vinasse hasil dari air limbah industri etanol dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas sebagai bahan bakar alternatif. Keadaan proses digester dapat mencapai *steady*

setelah mencapai hari ke-10. Volume biogas rata-rata 3,28 L CH₄/hari (Soeprijanto, 2010)

PS Madukismo sendiri telah mengusahakan untuk mengolah limbah vinasse menjadi pupuk cair namun masih dalam tahap pengajuan izin dan peninjauan oleh Badan Lingkungan Hidup Yogyakarta dan masih dalam tahap penelitian kelayakan uji untuk menjadikan limbah vinasse mereka menjadi pupuk cair dengan kapasitas yang besar.

4. Reuse

Reuse berarti upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah dengan memprosesnya menjadi suatu produk lain yang memiliki nilai ekonomis namun tidak berhubungan dengan siklus atau proses yang ada sebelumnya. Pada penelitian ini vinasse memiliki potensi untuk *direuse*, terdapat sebuah penelitian yang menjadikan sebuah potensi bagi vinasse untuk bisa dibuat menjadi pupuk cair dengan mengeringkannya serta menambahkan nutrient tertentu.

Berdasarkan analisis studi pustaka pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu penelitian tentang pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Industri Bioetanol (Vinasse) Melalui Proses Fermentasi Berbantuan Promoting Microbes oleh Ratna Dewi Kusumaningtyas dan Dhoni Hartanto pada tahun 2015, hasil penelitian tersebut berkesimpulan bahwa limbah vinasse dari industri bioethanol dapat diolah menjadi pupuk organik cair melalui proses fermentasi secara anaerob dengan bantuan mikroba serta penambahan molase dan pupuk NPK untuk menaikkan parameter C organik dan NPK agar sesuai SNI pupuk organik. (Dewi, 2015).

5. Recovery

Recovery/Reclaim (memungut /mengambil ulang) adalah upaya mengambil bahan-bahan yang masih mempunyai nilai ekonomi tinggi dari suatu limbah, kemudian dikembalikan kedalam proses produksi. Namun pada proses produksi di PS Madukismo, belum ditemukan adanya potensi untuk dilakukan konsep *recycle* ini.

5.7 Studi Teknologi Produksi Bersih

Berdasarkan diagram alir yang telah dijabarkan, terdapat beberapa potensi teknologi produksi bersih yang dapat diterapkan di PS Madukismo yang didasarkan pada konsep 5R. Terdapat 1 jenis limbah yang difokuskan untuk dilakukan studi yaitu limbah vinasse. Terdapat beberapa teknologi untuk memanfaatkan kembali limbah-limbah tersebut berdasarkan jurnal dari penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya.

1. Pemanfaatan Vinasse Menjadi Pupuk Cair Organik (POC)

Diketahui bahwa limbah vinasse dari industri bioethanol dapat diolah menjadi pupuk organik cair melalui proses fermentasi secara anaerob dengan bantuan mikroba serta penambahan molase dan pupuk NPK untuk menaikkan parameter C organik dan NPK agar sesuai SNI pupuk organik. Formulasi yang tepat untuk mendapatkan POC sesuai standar SNI tahun 2004 adalah formulasi vinasse 50 ml, dan mikroba promi 1 gr, molase 0,5 gr dengan proses fermentasi secara *anaerob* selama 1 minggu, kemudian ditambahkan pupuk NPK 3,33 gr (Dewi, 2015).



Gambar 4.15 Pupuk Organik Cair dari Vinasse

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ratna Dewi dan Dhoni Hartanto tahun 2015, diketahui bahwa rasio bahan baku dengan hasil yang diperoleh adalah 1:1, artinya dengan menggunakan 50mL vinasse, dihasilkan pula POC sebesar kurang lebih 50mL (sekitar setengah botol air mineral kemasan seperti pada gambar). Artinya dengan limbah vinase harian sebesar 258,72 m³/hari dapat menghasilkan 258,72 m³/hari m³/hari POC.

2. Pemanfaatan Vinasse Sebagai Substituen Air Pengencer Pada Medium Fermentasi Alkohol

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Desyi pada tahun 2004, diketahui bahwa rata-rata vinasse memiliki kepekatan yang rendah (kurang lebih 4°Brix), sehingga dimungkinkan dapat digunakan sebagai *substituent* atau pengganti air pengencer. Sedangkan dalam proses produksi Spiritus, diperlukan air yang banyak untuk mengencerkan bahan baku molase untuk menurunkan derajat Brixnya.

Proses pemanfaatan vinasse dalam upaya memanfaatkan kembali menjadi air pengencer pada awalnya dilakukan dengan mendinginkan vinasse, setelah itu dilakukan pencampuran medium fermentasi dengan starter : molase 55°Brix : vinasse melalui perbandingan 24 : 30 : 46. Perbandingan ini merupakan perbandingan dengan hasil optimum yang didapatkan melalui penelitian. Proses fermentasi dilakukan selama 48 jam. (Desyi, 2004)

Secara umum, pada penelitian mengenai vinasse sebagai pengganti air pengencer pada medium fermentasi menghasilkan alkohol dengan kadar yang lebih rendah dibandingkan dengan kadar standar yang ada di pabrik. Tetapi penggunaan vinasse sebagai *substituent* air pengencer dalam skala industri akan mengurangi kebutuhan volume limbah produksi limbah vinasse per hari yang membutuhkan biaya tinggi untuk mengolahnya. Selain itu juga menghemat penggunaan air yang digunakan sebagai pengencer. Penggunaan air yang berkurang juga akan mengurangi beban listrik untuk pompa dalam penyedot air. (Desyi, 2004)

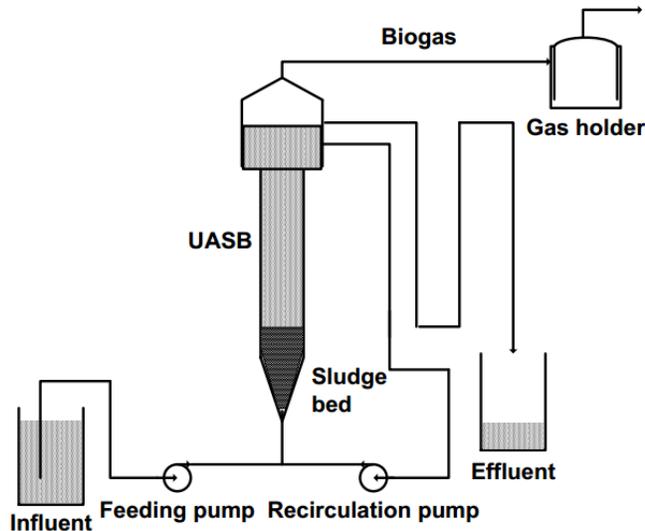
3. Pemanfaatan Vinasse Menjadi Biogas Dengan Reaktor UASB

Pengolahan limbah secara *anaerobic* dapat menghasilkan gas yang terdiri atas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), atau dikenal sebagai biogas. Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang berpotensi diproduksi secara optimal, mengingat terbatasnya sumber energi yang berasal dari fosil saat ini. Oleh karena itu diperlukan energi alternatif lain seperti biogas yang lebih *sustainable* dan lebih *eco-efficiency* atau ramah lingkungan.

Proses *anaerobic* secara konvensional dengan menggunakan UASB (*Upflow anaerobic Sludge Blanket*) dapat mengubah limbah cair dari limbah industri etanol yaitu vinasse untuk menghasilkan biogas yang dapat digunakan kembali menjadi bahan bakar boiler pada industri etanol. Kontribusi lain yaitu dapat menghemat penggunaan bahan bakar fosil atau batu bara yang sebelumnya dipakai sebagai bahan bakar menjadi bahan bakar yang lebih ramah lingkungan sebagai alternatif lain.

Dalam pembuatan biogas, digunakan starter yang dibuat melalui campuran *sludge* dengan vinasse kemudian dicampur dengan NaOH untuk menetralkan pH lalu selanjutnya diinkubasi selama 5 hari. Kemudian ke dalam bioreaktor UASB yang berkapasitas 9 L (seperti pada gambar 4.12) dimasukkan campuran starter 4 L dengan vinasse sebanyak 5L diumpankan

melalui pompa melalui bawah. Proses *anaerobic* ini dijalankan sampai konsentrasi COD *effluent* air limbah konstan. Biogas yang dihasilkan diarahkan menuju *gas holder*. Keadaan digester dapat mencapai kondisi *steady* pada hari ke-10 (Soeprijanto, 2010).



Gambar 4.16 Skema Bioreaktor UASB

Berdasarkan penelitian ini, produksi biogas rata-rata yang dapat dihasilkan adalah 3,28 L CH₄/hari dengan menggunakan vinasse 5 L. Artinya dengan limbah vinase harian sebesar 258,72 m³/hari dapat menghasilkan 111,34 m³/hari biogas.

4.8 Studi Penerapan Produksi Bersih

Berdasarkan berbagai studi teknologi yang telah diuraikan di atas, terdapat beberapa teknologi yang dapat diterapkan guna mengoptimalkan konsep produksi bersih di PS Madukismo. Apabila dari teknologi yang telah diuraikan di atas dibuat persentase pengolahan dari limbah PS Madukismo, maka dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Persentase Pemanfaatan Limbah

Limbah	Volume Bahan (m ³ /hari)	Pemanfaatan	Efisiensi Pemanfaatan	Rasio bahan : Hasil	Volume Hasil (m ³ /hari)
Vinasse	258.72	POC	100%	1 : 1	258.72
		Pengencer Fermentasi	100%	1 : 1	258.72
		Biogas	65.6%	1 : 0.656	111.34

Berdasarkan tabel dan uraian mengenai teknologi produksi yang telah dijelaskan sebelumnya, diketahui bahwa limbah cair vinasse dapat dimanfaatkan sebagai Pupuk Organik Cair (POC) dengan rasio bahan baku : produk adalah 1:1 atau efisiensi pemanfaatan 100%, maka potensi POC yang dihasilkan dapat mencapai 258,72 m³/hari. Sedangkan vinasse dapat digunakan sebagai pengganti air pengencer dalam proses fermentasi dengan rasio bahan baku : produk adalah 1:1 atau efisiensi pemanfaatan 100%, maka potensi total *substituent* pengencer yang dapat dihasilkan adalah sebesar 258,72 m³/hari. Sedangkan untuk dijadikan biogas sebesar 65,6%, dapat dihasilkan biogas sebesar 111,34 m³ dengan rasio bahan baku:produk sebesar 5:3,28.

Tabel 4.7 Persentase Reduksi

Reduksi	Kebutuhan Harian	Alternatif	Volume	Satuan	Reduksi (%)
Air fermentasi	330200	Vinase	258720	Liter	78.35
Batu bara	15000	Biogas	1663.26	Kg	11.09

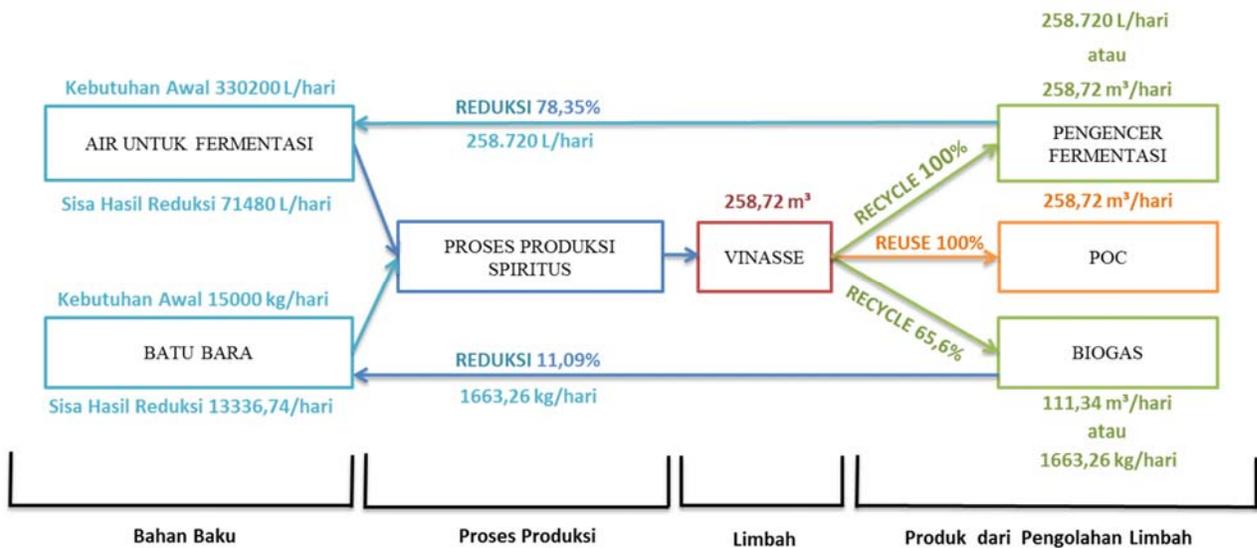
Persentase reduksi didapatkan melalui rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Reduksi} = \text{Volume bahan alternatif} / \text{Kebutuhan harian} \times 100\%$$

Besarnya volume limbah alternatif diperoleh dari tabel 4.6 berdasarkan rasio bahan dibandingkan dengan hasil sehingga diketahui persentase pengolahannya. Sedangkan Kebutuhan harian diperoleh dari data sekunder perusahaan,

Melalui tabel 4.7 maka dapat diketahui bahwa nilai reduksi air fermentasi yang dapat digantikan dengan limbah vinase adalah sebesar 78,35%. Sedangkan bahan bakar batu bara dapat disubstitusi dengan biogas sebesar 11,09%. Namun apabila reduksi dilakukan, perlu diingat bahwa penggantian bahan baku ini dapat menurunkan kualitas hasil yang didapatkan, tapi terlepas dari hal tersebut pengurangan pemakaian bahan baku ini dapat menghemat bahan baku serta akumulasi limbah yang dihasilkan oleh pabrik.

Apabila dari studi teknologi yang telah dijabarkan dibuat diagram berdasarkan konsep 5R, maka didapatkan diagram alir pemanfaatan limbah vinasse sebagai berikut:



Gambar 4.17 Diagram Alir Pemanfaatan Limbah Vinasse

Proses produksi spiritus di PS Madukismo berdasarkan Gambar 4,12 di atas diketahui bahwa limbah vinasse yang dihasilkan sebanyak 258,72 m³/hari. Limbah vinasse tersebut mempunyai potensi untuk di-reuse menjadi pupuk organik cair (POC) sebesar 100% dari 258,72 m³/hari menjadi sebesar 258,72 m³/hari. Limbah vinasse dapat pula di-recycle sebesar 65,6% menjadi biogas dari 258,72 m³/hari menjadi 111,34 m³/hari

atau sebesar 1663,26 kg/hari yang dapat pula menjadi potensi reduksi bahan bakar boiler sebesar 11,09% dengan kebutuhan awal 15000 kg/hari menjadi 13336,74/hari. Selain itu *recycle* vinasse sebagai *substituent* atau pengganti air pengencer fermentasi sebesar 100% dapat pula menjadi potensi reduksi sebesar 78,35% air dengan kebutuhan awal dari 330200 L/hari menjadi 71480 L/hari .