

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA**

#### **4.1 Utilitas Produksi Pabrik Alkohol Jatiroto**

Utilitas memiliki peranan yang sangat penting dalam suatu industri. Tanpa adanya utilitas yang memadai maka suatu industri tidak akan berjalan sesuai dengan yang direncanakan termasuk juga di Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur meliputi pengadaan air, pengadaan steam dan pengadaan listrik dari boiler. Utilitas sebagai sarana penunjang proses haruslah sangat diperhatikan sehingga proses dapat berjalan dengan lancar.

##### **4.1.1 Unit Pengadaan Air**

Air yang digunakan Pabrik Alkohol Jatiroto Jawa Timur dalam menjalankan proses produksi alkohol dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

- a. Air proses merupakan air yang diperoleh dari sumur bor yang kemudian ditampung di tandon air dan selanjutnya dialirkan ke tangki air proses. Air proses ini digunakan untuk bahan baku pembuatan *steam*, proses fermentasi dan mengurangi kepekatan tetes. Air proses mengalir dari tangki air proses dan dilewatkan melalui *plate heat exchanger* supaya terjadi pertukaran panas antara air dan tetes yang telah dipanasi *steam*. Air yang keluar dari *heat exchanger* biasanya memiliki suhu 70°C dan dibagi menjadi 2 aliran yaitu sebagian mengalir ke ketel untuk air pengisi ketel dan sebagian mengalir ke tangki air proses untuk menurunkan kepekatan tetes dan mempercepat proses pengendapan garam-garam pada tetes.
- b. Air sungai digunakan untuk pendingin pada tangki fermentasi dan pre fermentasi serta untuk pendingin distilasi. Pendinginan ini berfungsi untuk menjaga suhu pada tangki fermentasi dan pre fermentasi tetap stabil dan optimal untuk aktifitas mikroba. Selain itu, air sungai juga

digunakan untuk kondensor pada kolom distilasi dengan laju alir 70 m<sup>3</sup>/jam. Air sungai ini diambil dari sungai bondoyudho yang letaknya dekat dengan pabrik menggunakan pompa.

#### 4.1.2 Unit Penyediaan Udara

Udara digunakan untuk memenuhi kebutuhan aerasi pada saat pembibitan di tangki injeksi dan pre fermentor serta proses produksi alkohol di main fermentor yang menggunakan *system feed batch*. Kebutuhan udara yang cukup akan menyebabkan mikroba dapat tumbuh dan berkembang secara optimal sehingga pada akhirnya akan diperoleh produk alkohol sesuai yang diharapkan. Kebutuhan udara di Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur dipasok melalui blower yang berjumlah 2 mesin. Pada tangki pre fermentor udara diumpankan dengan laju 20 Nm<sup>3</sup>/jam sedangkan pada tangki main fermentor laju umpan udara adalah sebesar 150 Nm<sup>3</sup>/jam.

#### 4.1.3 Unit Penyediaan Steam

Di Pabrik Alkohol Jatiroto, *steam* digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas seperti pada proses destilasi dan memperlancar aliran tetes dari bak menuju timbangan serta untuk pemanasan pada *mixing tank*. *Steam* ini diperoleh dari ketel jenis ketel tekanan rendah produksi inggris. Bahan bakar yang digunakan adalah residu beku (RI) dan cair (MFO) dengan kebutuhan sebesar ± 6.000 L. *Steam* ini dibuat dari air proses yang keluar dari *plate heat exchanger* dan ditampung di tandon air ketel dan selanjutnya di pompa ke ketel terlebih dahulu ditambahkan zat anti kerak Anco 1260-B sebanyak 1,5 liter dan zat anti korosi Anco-ox 1060 sebanyak 0,5 liter setiap satu shift. *Steam* yang dihasilkan dari boiler ini memiliki temperature 150°C, tekanan 6 kg/cm<sup>2</sup> dan laju alir sebesar 3.460 kg/jam.

#### 4.1.4 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan listrik di Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur adalah 250 KWh setiap harinya yang diperoleh dari listrik PLN. Listrik ini digunakan untuk menggerakkan motor-motor listrik seperti pompa, separator, blower, peralatan industri lainnya, penerangan, serta peralatan elektronik kantor.

## 4.2 **Bahan Baku dan Bahan Penunjang Pabrik Alkohol**

Bahan baku dan bahan penunjang merupakan salah satu faktor produksi terpenting yang harus ada supaya pabrik bisa beroperasi. Bahan baku adalah bahan utama dimana sebagian besar komponen produk yang dihasilkan merupakan hasil konversi dari bahan tersebut. Sedangkan bahan penunjang adalah bahan tambahan yang diperlukan supaya bahan baku dapat dikonversi menjadi produk. Tanpa adanya bahan baku dan bahan penunjang maka proses produksi tidak akan terjadi.

### 4.2.1 **Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur adalah tetes tebu/*molasses* yang diperoleh dari hasil samping Pabrik Gula Jatiroto Lumajang Jawa Timur yang letaknya bersebelahan. Tetes ini dialirkan dari Pabrik Gula ke Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur melalui pipa dan akan masuk ke bak tetes sebagai tempat penyimpanan awal yang memiliki luas alas sebesar 1285,2 m<sup>2</sup>.

Sebelum tetes dipasok ke bak, terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap berat jenisnya. Hal ini perlu dilakukan karena pembelian tetes didasarkan pada sejumlah berat tetes yang masuk. Karena luasan alas telah diketahui sebelumnya maka volume tetes saat pengadaan langsung dapat diketahui dengan mengukur ketinggian tetes di bak yang diukur dengan disaksikan oleh pihak Pabrik Gula dan Pabrik

Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur supaya terjadi kesepakatan yang saling menguntungkan.

Dengan mengalirkan volume tetes dengan berat jenisnya yang besarnya  $\pm 1,34$  kg/liter maka dapat diketahui berapa banyak tetes yang dipasok saat itu berdasarkan basis berat. Selanjutnya, pengadaan dilakukan kembali ketika tetes di bak tidak dapat dipompa. Ketika itu maka kebutuhan tetes Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang dipenuhi UMC yang berlokasi dekat dengan Pabrik Gula. Mekanisme pengadaan tetes di UMC sama dengan di bak.

Tetes tebu (*molasses*) mengandung gula yang dapat difermentasi sebanyak 50-55%, sisanya berupa garam-garam dan bahan non gula. Tetes mempunyai Ph 5,2-6,5 yang disebabkan oleh asam-asam organik. Kekentalan tetes mencapai 82-84°Brix (Paturau, 1982). Kematangan tetes tebu dipengaruhi oleh varietas dan kematangan tebu, kondisi iklim dan tanah. Selain itu kondisi proses di dalam pabrik gula juga mempengaruhi tetes, bila proses pemurnian niranya kurang sempurna maka kotoran seperti kapur dan tanah banyak terdapat dalam tetes.

Beberapa pengujian yang dilakukan perusahaan dalam mensyaratkan *molasses* yang masuk antara lain pengujian brix, persen *sacharosa*, persen gula pereduksi, dan gula total atau TSAI (*Total Sugar As Invert*).

#### 4.2.2 Bahan Penunjang

Bahan-bahan penunjang yang digunakan untuk memproduksi alkohol pada Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur diantaranya adalah :

##### a. Air

Air diperlukan dalam setiap tahapan proses baik untuk penceran tetes, pencucian, proses kondensasi maupun sebagai bahan untuk pembuatan *steam*. Sumber air yang digunakan di Pabrik Alkohol Jatiroto Jawa

Timur berasal dari sumur bor dan air sungai. Air sumur digunakan untuk pengenceran tetes dan pembuatan *steam*. Sedangkan air sungai digunakan untuk pendinginan pada pre fermentor dan main fermentor serta kondensor untuk proses distilasi.

#### b. Khamir (Ragi/ Yeast)

Jenis khamir banyak digunakan dalam pembuatan alkohol adalah jenis *Saccharomyces* yang mampu hidup pada kondisi aerob maupun anaerob. Pada kondisi aerob mikroorganisme ini cenderung lebih aktif untuk tumbuh dan berkembang biak sedangkan pada kondisi anaerob lebih aktif dalam mengubah gula menjadi alkohol dengan hasil samping gas CO<sub>2</sub>. Khamir yang digunakan Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur adalah khamir instan (ragi instan) dengan merk dagang saf-instan produksi Prancis. Ragi ini pada awalnya dibiakkan terlebih dahulu di tangki injeksi dengan dosis 100 gram per 200 liter media tetes selama kurang lebih 8 jam. Selanjutnya campuran tadi diambil 150 liter untuk dibiakkan ke dalam pre fermentor yang memiliki volume 10.000 liter. Penggunaan ragi saf-instant oleh Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur dimaksudkan untuk kepraktisan proses produksi, ragi memiliki aktivitas yang tinggi dan lebih tahan pada kondisi ekstrim (pH 2,5) serta efisiensi biaya.

#### c. Nutrisi

Nutrisi sangat diperlukan supaya ragi dapat tumbuh dengan optimal dan mengkonsumsi substrat yang disediakan untuk mengkonversinya menjadi alkohol. Nutrisi yang diperlukan selain karbon adalah nitrogen dan fosfor. Unsur karbon dapat diperoleh dari tetes tebu, nitrogen dari urea dan fosfor dari asam fosfat. Dosis penambahan urea pada pre fermentor adalah 10 kg sedangkan asam fosfat adalah 2 liter per 10.000 liter media campuran. Sedangkan pada main fermentor, dosis pemakaian urea adalah 30 kg dan asam fosfat sekitar 6 liter per 75.000 liter media campuran.

d. Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )

Asam sulfat yang digunakan adalah asam sulfat pekat berkadar 95%. Asam sulfat ini digunakan pada persiapan bahan baku (*mixing tank*) dan *pre fermentor*. Tujuan penggunaannya dalam persiapan bahan baku adalah sebagai katalisator proses inversi disakarida menjadi monosakarida serta membantu mengendapkan kotoran-kotoran dalam bentuk garam Ca yang menyebabkan aktivitas ragi tidak optimal dan timbulnya kerak pada kolom distilasi. Tujuan penambahan asam sulfat pada *pre fermentor* adalah untuk sterilisasi dari mikroba yang tidak tahan pada kondisi asam (pH 2-2,5) dan sebagai sumber sulfur.

e. Superflok

Superflok/flokulan diperlukan pada *settling tank* dan berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel yang lebih berat daripada cairannya. Sesudah diberi superflok/flokulan maka hasil dari endapan berupa sludge/fraksi berat yang dipindahkan ke tangki sludge untuk dikeluarkan dari proses. Sedang cairan atasnya/ fraksi ringan digunakan untuk bahan fermentasi. Pemberian superflok sebanyak 450gram/kl yang berfungsi supaya pada saat terjadi fermentasi menjadi sempurna dan pada saat destilasi tidak timbul kerak.

f. Turkey Red Oil (TRO)

TRO ditambahkan untuk mencegah terjadinya buih pada *mixing tank*. TRO ditambahkan sebanyak 480gr/kl.

### 4.3 Proses Produksi Alkohol

Proses pembuatan alkohol di Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur yang memproduksi alkohol primer berbeda dengan di Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur yang memproduksi alkohol teknis. Perbedaannya terletak pada treatment bahan baku, proses fermentasi dan distilasi.

Di Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur, sebelum bahan baku masuk ke fermentor maka terlebih dahulu mengalami

*treatment* berupa sterilisasi supaya tidak mengalami kontaminasi sehingga diperoleh alkohol dengan kadar yang tinggi.

Pada metode fermentasi dan waktu yang diperlukan selama proses fermentasi menggunakan sistem *feed batch* dan diperlukan waktu selama 8-9 jam. Selain itu peralatan distilator yang digunakan adalah distilator buatan Vogelbusch Austria yang lebih modern dan baru. Alkohol yang keluar dari distilator dapat mencapai kadar 96,5%. Proses produksi alkohol di Pabrik Alkohol Jatiroto Lumajang Jawa Timur dibagi menjadi beberapa tahap yaitu penyiapan bahan baku, pembibitan, fermentasi dan distilasi.

#### **4.3.1 Penyiapan Bahan Baku**

Sebelum dilakukan proses fermentasi, bahan baku yang berupa *molasses* perlu mendapat perlakuan awal antara lain:

##### **a. Timbangan Tetes**

Penimbangan tetes dilakukan dengan timbangan *schember* buatan Austria untuk menyediakan sejumlah tetes yang tepat sesuai dengan kapasitas produksi. Penimbangan dilakukan 4 kali dimana setiap satu penimbangan akan terangkut tetes sebanyak 4.500 kg tetes. Empat kali penimbangan tersebut untuk memenuhi bahan baku dalam satu shift produksi yang mencapai 18.000 kg tetes. Tetes dari bak/UMC dialirkan ke timbangan dengan menggunakan pompa buatan Austria (Vogelbusch) berukuran 5 bar dengan kapasitas 20 ton/jam. Timbangan ini dilengkapi dengan alat pembuka dan penutup katup buangan dan alat yang dapat menjalankan dan mematikan pompa tetes yang dapat diatur secara otomatis.

##### **b. Pencampuran dan Pengenceran Tetes**

Tahapan proses ini dilakukan dalam tangki pencampur (*mixing tank*). Tangki ini berkapasitas 40 m<sup>3</sup>, dilengkapi dengan pancaran uap air pada bagian bawah tangki serta yang dipergunakan sebagai alat pemanas tetes

yang disebut dengan *steam* dan pompa sirkulasi sebagai alat pengaduk pada bagian luar tangki.



Gambar 4.1 Mixing Tank Pabrik Alkohol Jatiroto

Pada proses ini, air proses masuk terlebih dahulu sebanyak  $\frac{1}{2}$  dari volume tangki total dan dilanjutkan dengan memancarkan *steam* hingga mencapai suhu  $\pm 90^{\circ}\text{C}$  untuk mempermudah proses pelarutan tetes. Selanjutnya tetes dengan jumlah  $\pm 18.000$  kg dari timbangan diumpankan ke *mixing tank* yang telah berisi air proses panas  $70^{\circ}\text{C}$  dan dilakukan pencampuran dengan pompa sirkulasi hingga kepekatan tetes menjadi  $34-40^{\circ}\text{Brix}$ .

Setelah larutan homogen maka dilakukan pengaturan pH dengan menambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat hingga pH 4,5-5. Pemanasan terus dilakukan dengan menggunakan *steam* dari boiler hingga suhu larutan mencapai  $90^{\circ}\text{C}$ . Pemberian air panas  $70^{\circ}\text{C}$  dimaksudkan untuk mempermudah dan mempercepat pelarutan tetes, dan pemanas sampai  $90^{\circ}\text{C}$  untuk sterilisasi tetes. Pemberian asam sulfat berguna untuk



mengendapkan kotoran dalam tetes dan untuk mencegah terjadinya kontaminasi.

c. Pengendapan

Pengendapan dilakukan dalam 2 buah *settlink tank* yang masing-masing memiliki kapasitas 40 m<sup>3</sup>. tetes yang keluar dari *mixing tank* akan dialirkan ke *settlink tank* dengan menggunakan pompa. Di tangki ini tetes didiamkan selama kurang lebih 5 jam hingga suhunya menurun menjadi 80°C dan banyak terbentuk endapan garam-garam mineral seperti garam kalsium sulfat yang sebelumnya ada di dalam tetes.



Gambar 4.2 Settling Tank Pabrik Alkohol Jatiroto

Setelah 5 jam diperkirakan kotoran-kotoran pada tetes dapat terendapkan secara maksimal. Dari *settlink* ini,  $\frac{3}{4}$  bagian atas ditarik melewati *plate heat exchanger* untuk diturunkan suhunya menjadi 30-32°C dan diumpankan ke *pre fermentor* dan *main fermentor*. Sedangkan  $\frac{1}{4}$  bagian bawah ditarik ke tangki kerucut untuk dilakukan pencucian dan pengendapan lanjut. Tangki kerucut memiliki kapasitas 12,5 m<sup>3</sup> yang dilengkapi dengan pancaran uap air sebagai alat pengaduk dan

pemanas. Di tangki ini, tetes dari *settling tank* akan ditambahkan air proses, dialirkan *steam* hingga suhu  $90^{\circ}\text{C}$  dan didiamkan selama 5 jam. Hasil pencucian dari tangki kerucut yang berupa cairan tetes diumpungkan kembali ke *mixing tank* sedangkan yang berupa endapan kotoran dibuang ke penampungan limbah.

d. Tangki Pencuci Kotoran Tetes

Tangki pencuci kotoran tetes berkapasitas  $12,5\text{ m}^3$  dilengkapi dengan pancaran uap air sebagai alat pengaduk dan alat pemanas. Sisa cairan tetes 5-10% volume dari tangki pengendap tetes yang berupa endapan kotoran, dimasukan tangki pencuci dan diberi air  $70^{\circ}\text{C}$ , dipanaskan lagi dengan pancaran uap air sampai suhu  $90^{\circ}\text{C}$  didiamkan selama 5 jam untuk mengendapkan kotoran-kotorannya. Kotoran yang mengendap dibuang, cairan yang masih mengandung tetes dipompa kembali masuk ke tangki pencampur tetes.

e. Nozzle Separator

*Nozzle separator* adalah alat pemisah ragi dari cairan mash (cairan hasil fermentasi) yang bekerja atas dasar prinsip pemisahan cara gerak sentrifugal, dimana ragi sebagai bahan padat yang terdapat dalam cairan mash disaring dengan *nozzle-nozzle* yang besar lubangnya tertentu.



Gambar 4.3 Separator Pabrik Alkohol Jatiroto

*Nozzle separator* merupakan alat utama dalam proses fermentasi ini, karena alat ini dapat memisahkan sebagian besar ragi yang terdapat pada

mash hasil fermentasi dalam waktu yang sangat cepat, sehingga ragi yang didapat masih dalam keadaan baik untuk dipakai fermentasi kembali. ragi yang didapatkan mempunyai konsentrasi tinggi. Dari hasil suatu fermentasi tidak semua mash dipisahkan raginya dalam *nozzle separator*, hanya sekitar 80-90%. sisanya yang 10-20% tidak diambil raginya karena mengandung kotoran-kotoran sisa dari tetes yang berupa endapan garam kalsium sebagai kalsium sulfat, kotoran-kotoran lain dan juga endapan dari ragi yang telah mati.

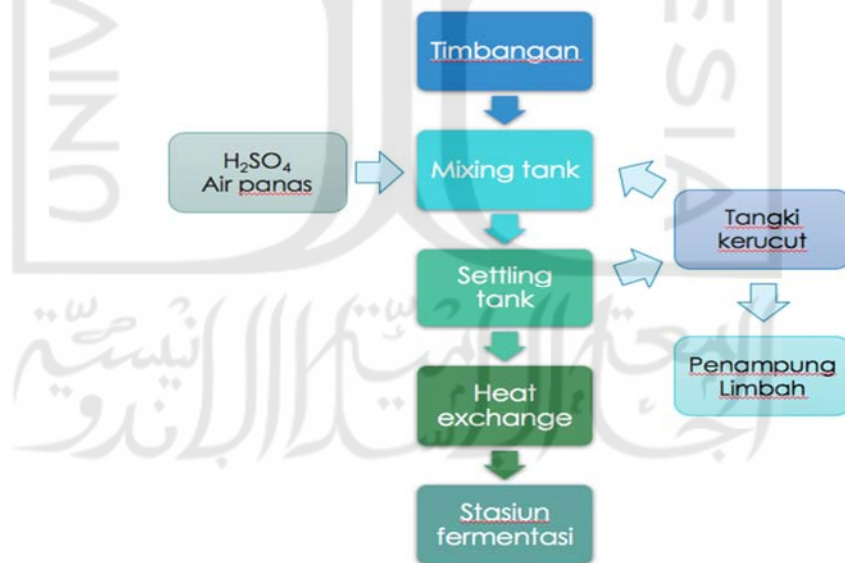
## 2 Pembibitan

Pembibitan di Pabrik Alkohol Jatiroto hanya dilakukan sekali yaitu pada pandangan pertama kali proses atau ketika dibutuhkan. Hal ini dikarenakan ragi dari fermentasi yang menggunakan *system feed batch* dipisahkan dari cairan fermentasinya sebelum ditarik ke tangki *mash* dengan menggunakan separator dan dibiakkan lagi untuk digunakan kembali dalam fermentasi. Hasil pemisahan separator yang berupa campuran ragi disebut *yeast cream*.

Proses pembiakan *yeast cream* dilakukan di dalam pre fermentor yang memiliki kapasitas 12,5 m<sup>3</sup>. Sebanyak kurang lebih 10.000 liter *yeast cream* ditampung dalam pre fermentor selama  $\pm$  2,5 jam dan dilakukan aerasi dengan laju sebesar 20 Nm/jam yang diperoleh dari boiler. Tujuan aerasi adalah untuk memenuhi kebutuhan oksigen (kondisi aerob) dan pendukan. Selama proses ini berlangsung juga diperlukan pendinginan untuk mengatur suhu agar sesuai dengan kondisi optimal pertumbuhan dan perkembangan ragi yaitu suhu 30-32°C. Pendinginan dilakukan dengan mengalirkan air sungai melalui dinding tangki bagian luar. Selain itu juga juga ditambahkan anti buih TRO pada campuran tersebut untuk menghilangkan buih selama pembiakan berlangsung. Penambahan ini diatur supaya tidak terlalu banyak karena penambahan yang terlalu banyak akan menyebabkan ragi teracuni.

Jika diketahui aktivitas dari *yeast cream* mengalami penurunan maka harus dilakukan proses injeksi dengan bibit ragi yang baru mengingat bahwa aktivitas *yeast cream* hasil pemisahan separator memiliki waktu terbatas.

Pembibitan ragi dilakukan didalam tangki injeksi yang memiliki volume 200 liter. Media tetes dari *mixing tank* diumpankan ke dalam tangki injeksi dan selanjutnya dilakukan pengenceran dengan penambahan air proses hingga kepekatannya menjadi 14°Brix. Selanjutnya ragi instan diinokulasikan ke media tersebut dan ditambahkan nutrisi supaya ragi dapat tumbuh dengan optimal. Dosis penambahannya adalah ragi 100 gram, asam fosfat 200 ml, dan urea 200 gram dalam 200 liter media. Waktu tinggal ragi di tangki injeksi adalah sampai brix tetes konstan yaitu sekitar 6-6,5°Brix atau sekitar 8 jam. Setelah bibit siap maka dilakukan injeksi ke *yeast cream* yang aktivitasnya telah menurun.



Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Pembibitan

Sesaat sebelum campuran dari pre fermentor dikirim ke main fermentor maka terlebih dahulu dilakukan pengkondisian pH 2,5. Proses pengasaman ini bertujuan untuk:

- a. Proses sterilisasi karena pH 2,5 kontaminan yang tidak tahan asam akan sulit bertahan hidup. Ragi masih dapat tumbuh pada kondisi pH 2,5.
- b. Selektivitas ragi dimana ragi yang aktivitasnya menurun akan mati sedangkan yang masih aktif akan tetap hidup.

### 3. Fermentasi

Proses fermentasi tetes oleh ragi dilakukan di dalam main fermentor yang berjumlah 2 tangki dan masing-masing memiliki kapasitas volume 70 m<sup>3</sup> serta dilengkapi dengan pipa aliran udara dan pendingin untuk menjaga temperature fermentasi. Metode fermentasi yang digunakan di Pabrik Alkohol Jatiroto adalah metode *feed batch* yaitu saat fermentasi berlangsung substrat yang baru diumpankan secara kontinu dengan laju alir tertentu.



Gambar 4.5 Fermentasi Pabrik Alkohol Jatiroto

Pada tahap awal, air proses pada suhu 30°C sebanyak 25.000 liter dimasukkan ke dalam tangki kemudian dilanjutkan dengan penambahan nutrisi dengan dosis yaitu urea 30 kg dan asam fosfat 6 liter setiap kali proses fermentasi (volume 70.000 m<sup>3</sup>). Penambahan air ini bertujuan untuk mengencerkan kepekatan tetes yang akan diambil dari *settlink tank*. Selanjutnya tetes kepekatan diumpankan sebanyak 6.000 liter bersamaan dengan penambahan *yeast cream* sebanyak 10.000 liter.

Penambahan *yeast* awal dihitung sebagai jam ke-0 dan setelah itu secara bertahap ditambahkan tetes dengan laju alir 4.000 liter per jam selama 7 jam. Udara masuk secara bersamaan dengan penambahan tetes dengan laju alir sebesar 150 Nm<sup>3</sup>/jam. Selanjutnya setelah tetes diumpankan semua maka laju alir umpan udara diturunkan menjadi 50 Nm<sup>3</sup>/jam hingga proses fermentasi selesai (biasanya ± 10 jam dari awal penambahan *yeast cream*). Selain itu untuk menjaga suhu tetap stabil sesuai kondisi optimal untuk aktivitas ragi maka dilakukan pendinginan dengan cara melewati air sungai melalui dinding tangki bagian luar. Pada proses ini juga ditambahkan zat anti buih TRO untuk menghindari terbentuknya buih yang dapat mengurangi volume kapasitas tangki serta memperlancar pelepasan alkohol yang terbentuk sehingga aktivitas ragi tidak terganggu.

Setelah proses fermentasi selesai maka cairan hasil fermentasi masuk ke dalam *nozzle separator* untuk memisahkan antara ragi dengan cairannya. Ragi yang telah dipisahkan dari cairannya disebut *yeast cream* dan selanjutnya diumpankan ke pre fermentor untuk dikembangkan lagi dan digunakan kembali dalam proses fermentasi. Sedangkan cairan yang telah dipisahkan raginya masuk ke dalam *mash tank* untuk selanjutnya diumpankan ke distilasi. Hasil fermentasi yang keluar dari main fermentor biasanya memiliki kadar alkohol sekitar 8%-9%.

Tangki mash merupakan tangki penampungan sementara cairan fermentasi sebelum didistilasi. Cairan dari *mash tank* selanjutnya

diumpankan ke distilasi bersamaan dengan larutan  $\text{CuSO}_4$  adalah 200 liter per hari. Larutan  $\text{CuSO}_4$  berfungsi mengurangi aroma minyak fusel pada alkohol yang keluar dari distilasi sedangkan *polyderm* berfungsi untuk mencegah terbentuknya kerak pada kolom-kolom distilasi.

#### **a. Fermentasi Awal**

Tangki fermentasi awal berkapasitas 12.500 L dengan dilengkapi pipa aliran udara dan pendinginan air. Mula-mula diawali dengan sterilisasi tangki dengan uap air sampai suhu  $90^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 30 menit dan dibiarkan dingin sampai suhu  $50^\circ\text{C}$ . Kemudian dimasukkan air proses sebanyak 7100 L dan tetes  $40^\circ\text{bx}$  dari tangki pengendap tetes sebanyak 2700 L. Aduk dengan aliran udara dan memasukkan 2,5 L asam fosfat dan 10 Kg urea. Pengasaman dengan larutan asam sulfat sampai pH 4,3-4,5, kemudian baru memasukkan biakan ragi dari 10 L bubur ragi. Fermentasi awal berlangsung selama 20 jam pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dan dengan aliran udara  $20\text{ m}^3/\text{jam}$ . Akhir dari proses ini, pada  $5-6^\circ\text{bx}$ . Larutan ragi sebanyak  $\pm 10.000\text{ L}$  yang telah dihasilkan dalam tahap ini, selanjutnya akan digunakan dalam fermentasi utama.

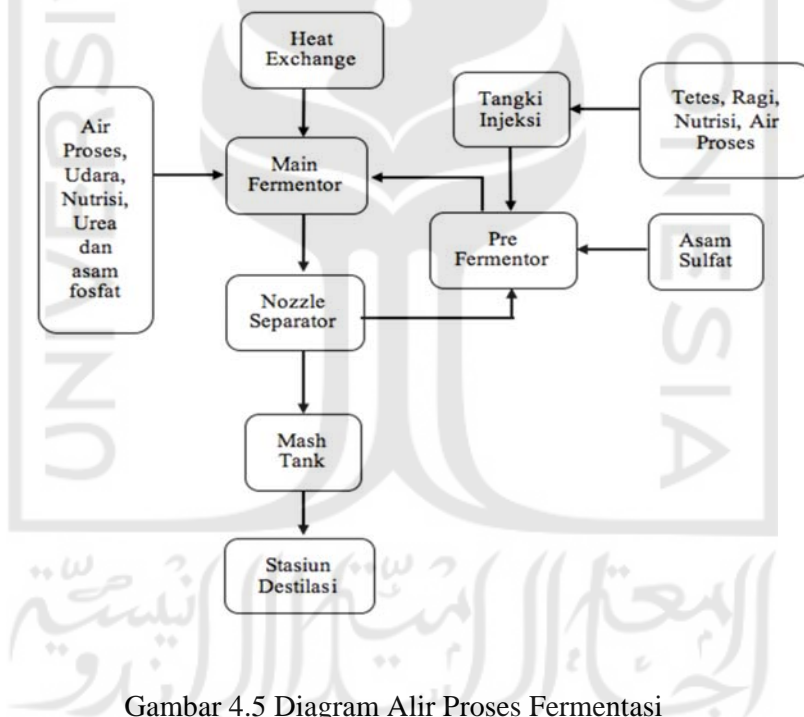
#### **b. Fermentasi Utama**

Fermentasi utama mempunyai tujuan utama yaitu produksi alkohol, dikerjakan dalam tangki berkapasitas  $80\text{ m}^3$  dengan dilengkapi pipa aliran udara dan pendinginan air ( $13,5^\circ\text{C}$ ) untuk menjaga supaya suhu fermentasi tetap pada  $30-32^\circ\text{C}$ .

Proses fermentasi di Pabrik Alkohol Jatiroto menggunakan *system feed batch*. pada sistem ini, mula-mula air proses sebanyak 25000 L dimasukkan ke dalam tangki fermentor, kemudian melalui pipa aliran media, dialirkan tetes dari *settling tank* sebanyak 600 L, yang sebelumnya telah didinginkan melalui *plate heat exchanger* ( $28-30^\circ\text{C}$ ) bersamaan dengan itu dialirkan udara dengan laju alir  $150\text{ N/m}^2/\text{jam}$ .

Biakan ragi sebanyak 10.000 L yang telah disiapkan pada tangki prementor dialirkan ke dalam tangki fermentor (pada saat pemasukan ini dihitung sebagai jam ke-0 fermentasi). Selanjutnya aliran tetes diturunkan laju alirnya menjadi 4500 L/jam selama 7 jam.

Setelah penambahan tetes selesai, laju alir udara ditambah menjadi  $50 \text{ N/m}^2/\text{jam}$  selama  $\pm 3$  jam, dimana waktu proses fermentasi yang diperlukan selama  $\pm 10$  jam. Selama proses fermentasi ini, temperatur dipertahankan pada  $\pm 32^\circ\text{C}$  dengan mengalirkan air pendingin. Kadar alkohol dari cairan mash yang dihasilkan sebesar 8,5-9,9%. Berikut diagram alir proses fermentasi Pabrik Alkohol Jatiroto:



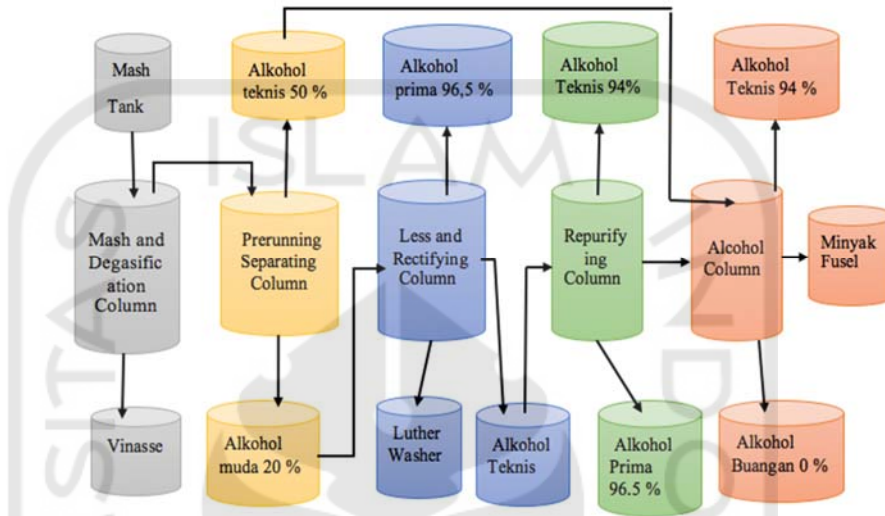
Gambar 4.5 Diagram Alir Proses Fermentasi

#### 4. Destilasi

Pada industri alkohol destilasi merupakan unit yang tidak kalah pentingnya dari unit fermentasi. Destilasi merupakan suatu sistem pemisahan. Campuran yang terdiri dari 2 komponen atau lebih dengan



didasarkan pada perbedaan titik didih cairan. Unit alat destilasi terdiri dari 5 kolom destilasi utama. Berikut diagram alir proses destilasi atau penyulingan di Pabrik Alkohol Jatiroto sebagai berikut:



Gambar 4.7 Diagram Alir Proses Destilasi/Penyulingan

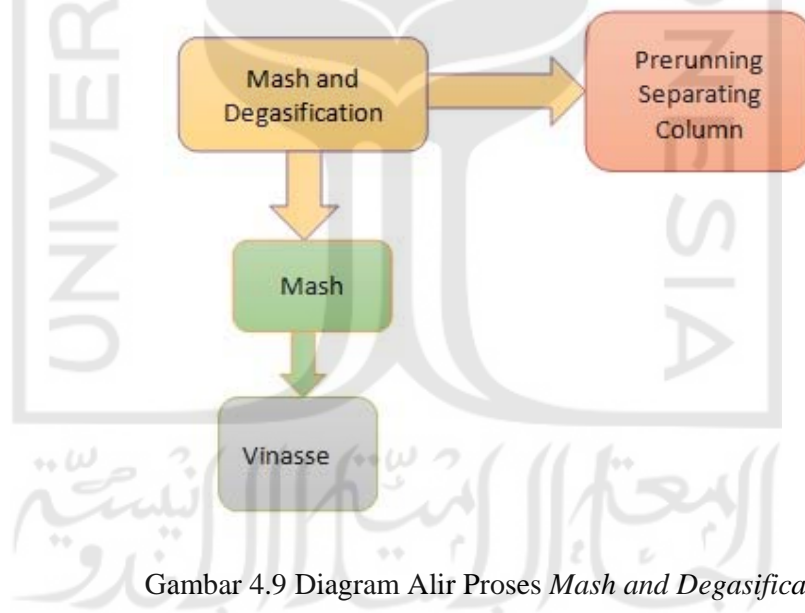


Gambar 4.8 Destilasi Pabrik Alkohol Jatiroto

#### a. Mash and Degasification Column

Mash kolom dan degasifikasi kolom merupakan satu unit kolom yang bersambung jadi satu. Fungsi kolom ini memisahkan alkohol dengan buangan yang tidak mengandung alkohol lagi. Mash kolom

terdiri dari 20 tingkat plate, sedangkan degasifikasi kolom terdiri dari 5 tingkat (mash) dari tangki mash masuk pada tingkat teratas degasifikasi kolom dengan lebih dulu melalui pemanasan sampai suhu 70-75° C. Uap alkohol keluar lewat tingkat ke-20, menembus alat pemisah buih dan masuk ke sistem pendingin yang terdiri dari satu pendingin uap alkohol dan satu buah pendingin air. Alkohol mengembun, masuk ke tangki penampung alkohol kasar. Sebagian lagi uap alkohol menguap terus lewat degasifikasi kolom dimana mash masuk, terus masuk ke sistem pendingin untuk diembunkan. Sebagian besar cairan alkohol ini masuk tangki alkohol kasar, bagian kecil terus ke tangki alkohol teknis dicampur sebagai produk alkohol teknis. Untuk menyerap bau yang tidak diinginkan, pada tingkat ke-20 dapat dimasukkan cairan CuSO<sub>4</sub> yang dialirkan secara sirkulasi.

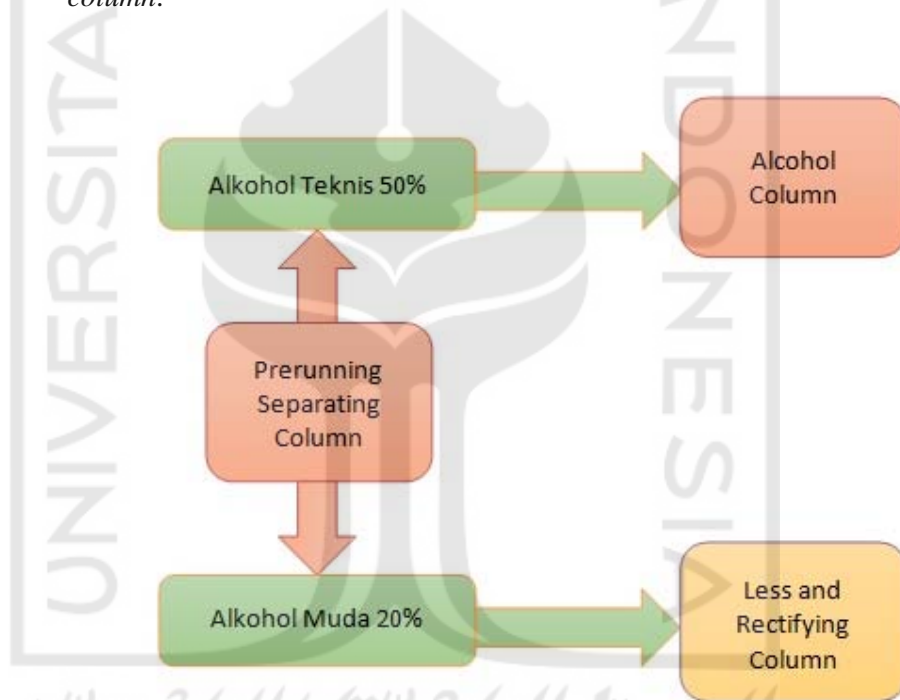


Gambar 4.9 Diagram Alir Proses *Mash and Degasification*

#### b. Pre-Running Separating Column

Kolom ini terdiri dari 39 tingkat plate, alkohol kasar dari hasil mash kolom masuk pada tingkat ke-33. Pada tingkat ke-39 dimasukkan juga cairan "air less" hasil buangan dari lees kolom. Uap alkohol yang

naik, keluar masuk ke sistem pendinginan yang terdiri dari 1 pendingin air, dimana hasil pemngembunannya sebagian masuk ke tangki penampung alkohol encer di-alkohol kolom. Cairan yang mengandung ester-ester dipisahkan lewat tingkat ke-37 masuk ke alkohol kolom pada tingkat ke-13. Pengembunan dari pendingin uap alkohol dimasukkan ke tangki alkohol encer. Sedang pengembunan dari pendingin air dimasukkan kembali ke tingkat ke-33. Cairan yang dibawah kolom merupakan cairan yang terbanyak dan dimasukkan dalam *rectifying column*.



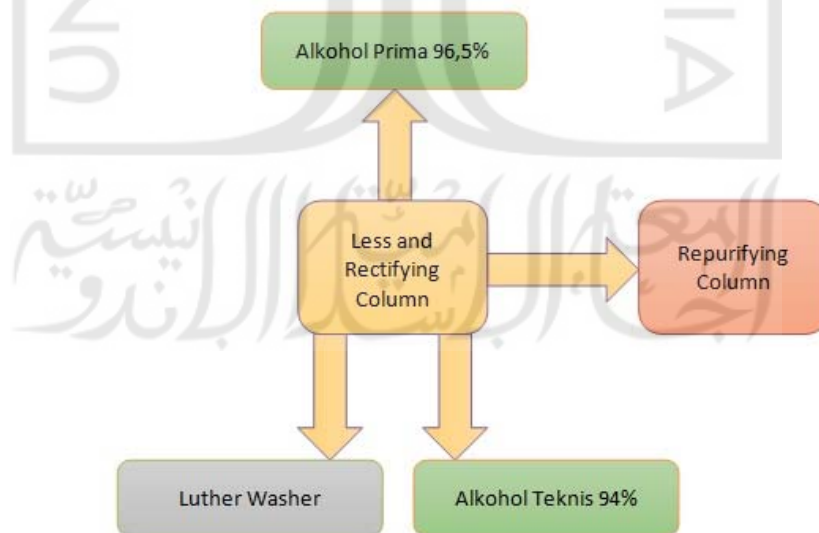
Gambar 4.10 Diagram Alir Proses Prerunning Separating Column

### c. Less Column dan Rectifying Column

*Less kolom dan rectifying column* merupakan satu rangkaian kolom dengan jumlah 71 tingkat plate. Cairan alkohol dari bagian bawah *pre-running separating column* masuk pada tingkat ke-13. Di

kolom ini terjadi pemisahan alkohol dengan air, uap alkohol dipertinggi konsentrasinya melalui rangkaian tingkat plate pada *rectifying column* dan keluar lewat puncak dari kolom ini. diembunkan lewat 3 buah pendingin air, sebagian besar embun dikembalikan lagi pada tingkat 70 secara sirkulasi dan sebagian kecil dimasukkan ke tangki alkohol kasar. Dari tingkat ke-32,42 dan 52 ada hasil sampingan berupa alkohol yang berkualitas rendah yang masuk ke alkohol kolom untuk diolah menjadi alkohol teknis. Dari tingkat ke-15 cairan yang mengandung minyak foazel dimasukkan ke tangki alkohol encer. Sedangkan alkohol yang tinggi konsentrasinya melewati tingkat ke-66 dan 68. Dimasukkan *repuctifying column* pada tingkat ke-27 untuk dimurnikan lagi. Pada bagian bawah yang disebut *Lees column* dikeluarkan cairan yang masih mengandung sedikit sekali alkohol, biasa disebut “air lees” atau “air luther” ditampung pada tangki air lees dan digunakan sebagai:

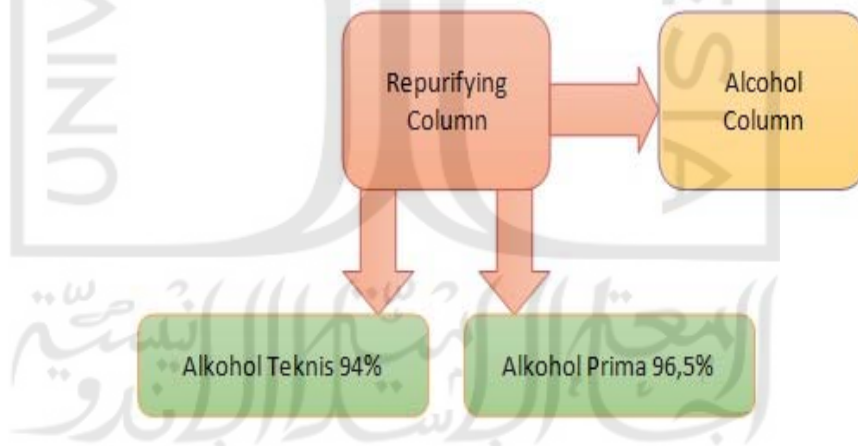
- Air pelarut pada *pre running separating column*
- Air pencuci pada alat pemisah minyak *foezel*
- Sisanya apabila tidak diperlukan, dapat langsung dibuang ke sungai



Gambar 4.11 Diagram Alir Proses Less and Rectifying Column

#### d. Repurifying Column

*Repurifying column* merupakan kolom yang keempat yang terdiri dari 40 tingkat dengan susunan plate yang lebih halus. kolom ini berfungsi sebagai kolom produk utama alkohol. alkohol yang sudah murni dengan konsentrasi tinggi dari tingkat 66 dan 68 dari *rectifying column*, masuk kolom ini pada tingkat ke-27. Di kolom ini sisa-sisa zat lain yang bersifat mudah menguap yang mungkin masih tercampur alkohol, diuapkan keluar dan akan mengumpul dibagian puncak kolom, diembunkan lewat pendingin air. Sebagian hasil embun ini sebagai produk alkohol teknis dan sebagian kecil lagi dikembalikan masuk *repurifying column* untuk diolah lagi. Dari bagian bawah *repurifying column* ini alkohol murni dikeluarkan, didinginkan dengan pendingin air 15°C dan merupakan produksi utama yang disebut alkohol prima atau *Fine Alcohol*.



Gambar 4.12 Proses Repurifying Column

#### e. Alcohol Column

*Alcohol column* merupakan kolom yang terakhir, terdiri dari 45 tingkat, dimana 13 tingkat yang terbawah, plate agak kasar dan 32

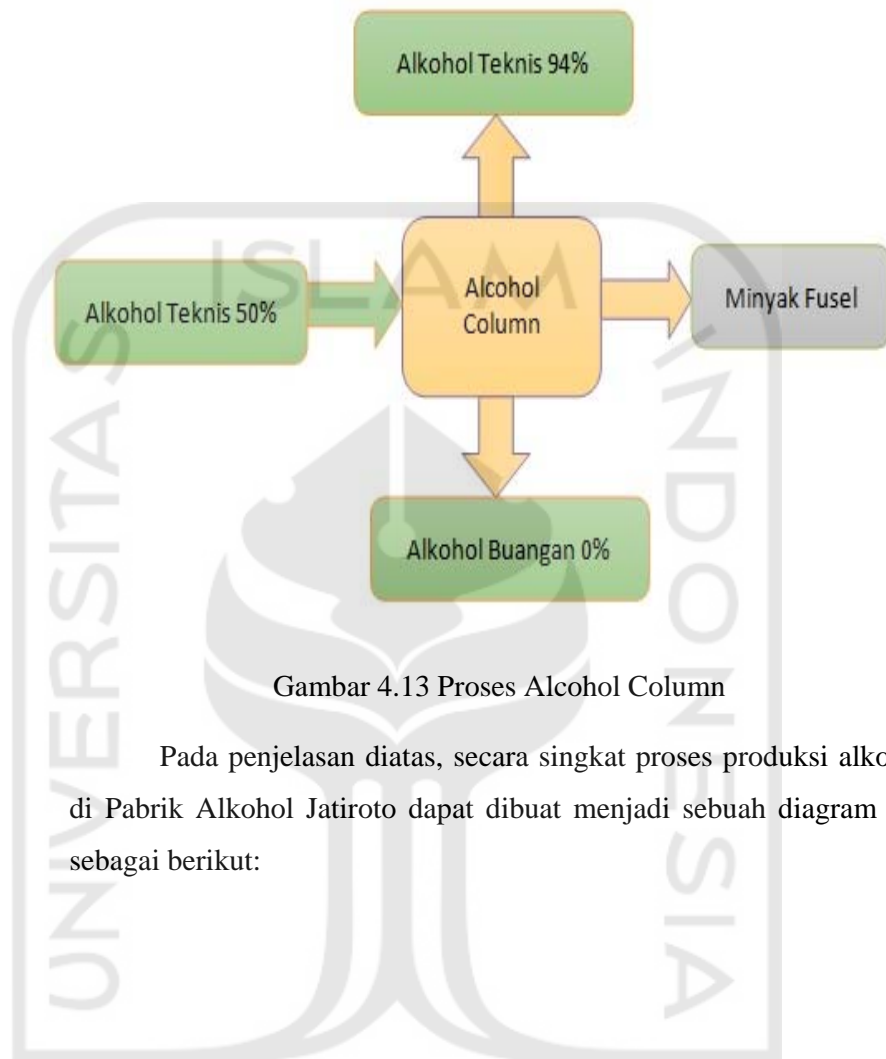
tingkat di atasnya merupakan plate yang halus. Alkohol kolom berfungsi sebagai pengolah akhir dari beberapa campuran alkohol yang tidak murni yang berasal dari kolom-kolom yang terdahulu menjadi alkohol yang berkualitas (alkohol teknis). Berbagai cairan alkohol dari bejana pengumpul masuk kolom ini pada tingkat ke-13.

Uap alkohol yang keluar dari puncak kolom, diembunkan lewat dua buah pendingin air, dan hasil embun dikumpulkan pada bejana alkohol teknis. Pada tingkat ke-28 diperoleh cairan alkohol yang langsung dicampur dengan hasil alkohol di bejana alkohol teknis. Pada tingkat ke-11 dan 14 diperoleh cairan minyak fozel dan didinginkan lewat 3 buah pendingin fozel, terus masuk ke alat pemisah untuk dicuci dengan air luther dan dipisahkan minyak fozelnya.

Pada tingkat ke-41 diperoleh sebagian kecil cairan alkohol yang masih agak murni dikembalikan ke tangki alkohol kasar untuk diolah kembali. Hasil akhir yang terkumpul dalam bejana alkohol teknis, didinginkan dengan pendingin air 15°C dan didapat produk alkohol teknis. Sebagai hasil sampingan didapat produk minyak fozel.

Berikut adalah diagram alir proses kolom alcohol pada pabrik alcohol jatiroto:

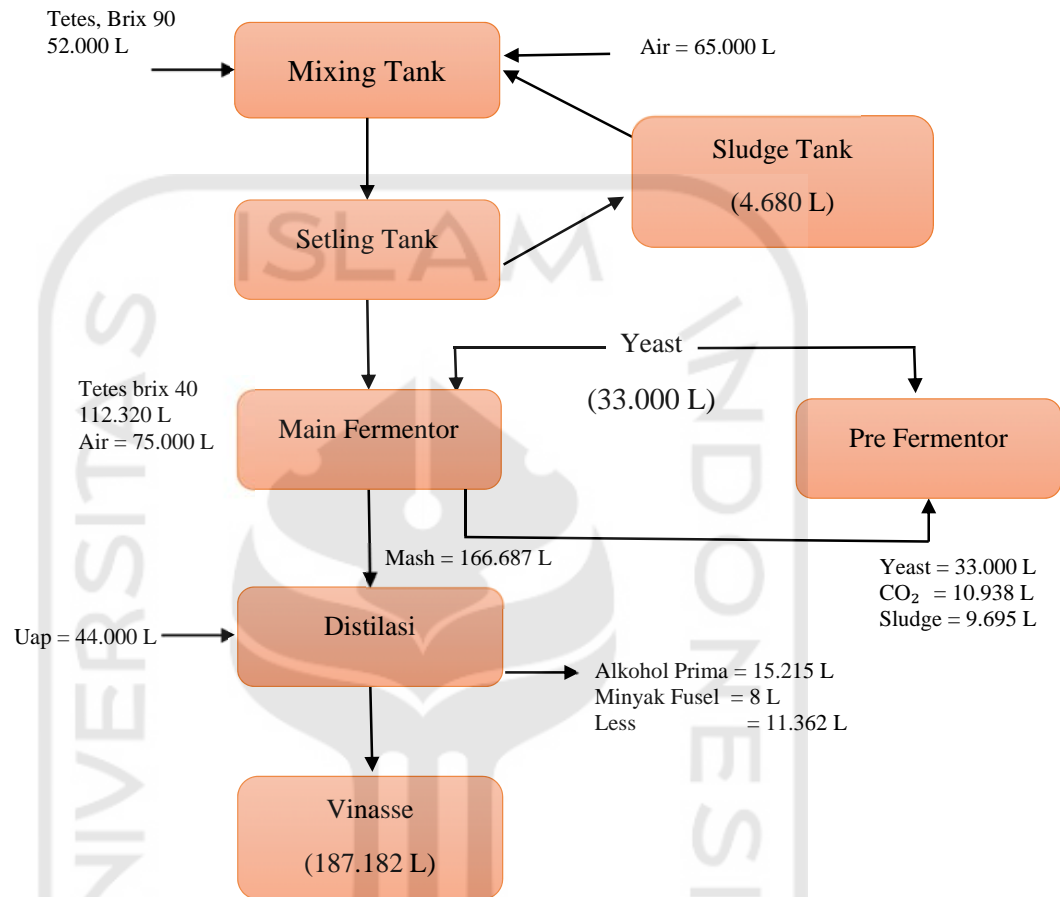




Gambar 4.13 Proses Alcohol Column

Pada penjelasan diatas, secara singkat proses produksi alkohol di Pabrik Alkohol Jatiroto dapat dibuat menjadi sebuah diagram alir sebagai berikut:

الجمعة الإسلامية  
الاستدلال بالاندية



Gambar 4.14 Proses Produksi Pabrik Alkohol Jatiroto

Berikut diagram alir proses produksi pabrik alkohol jatiroto. Pertama dilakukan penimbangan tetes kemudian pencampuran dan pengenceran tetes dalam mixing tank yang telah berisi air panas 70<sup>o</sup> derajat celcius, kemudian dilakukan pengendapan dalam 2 buah settling tank dengan pompa, lalu diumpankan ke main fermentor dan pre fermentor, lalu dimasukkan pada destilasi sebanyak 5 kolom, dan menghasilkan alkohol dan limbah vinasse. Berikut adalah gambar neraca bahan Pabrik Alkohol Jatiroto:



Tabel 4.1 Neraca Bahan Pabrik Alkohol Jatiroto

Stasiun	Masuk	Keluar
I. Bahan Baku Tangki Mixing	Tetes 90 Bx = 52.000	Tetes 40 Bx = 122.850
	Tetes 40 Bx = 5.850	
	Air = 65.000	
	Jumlah = 122.850	Jumlah = 122.850
Tangki Sludge	Sludge = 10.530	Tetes 40 Bx = 5.850
		Sludge = 4.680
	Jumlah = 10.530	Jumlah = 10.530
II. Fermentasi Tangki Fermentasi	Tetes 40 Bx = 112.320	Mash = 166.687
	Biakan Ragi = 33.000	CO2 = 10.938
	Air = 75.000	Ragi = 33.000
		Sludge = 9.695
	Jumlah = 220.320	Jumlah = 220.320
III. Distilasi Kolam Distilasi	Mash = 166.687	Alkohol Prima = 12.215
	Uap = 44.100	Vinasse = 187.182
		Lees = 11.382
		Fusel = 8
	Jumlah = 210.787	Jumlah = 210.787

#### 4.4 Karakteristik Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Alkohol Jatiroto yaitu limbah cair diolah dalam IPAL yang dimiliki oleh Pabrik Alkohol Jatiroto.



Gambar 4.15 Vinasse Pabrik Alkohol Jatiroto

Berikut jenis-jenis limbah cair yang dihasilkan oleh Pabrik Alkohol Jatiroto, antara lain:

1. *Vinasse*, merupakan hasil pemisahan alkohol dari proses distilasi bagian bawah kolom kasar (*Mash Column*).
2. *Luther Wasser (Less)* dan minyak fusel, merupakan hasil bawah distilasi dari *Rektifiser* dan *Nachlop Column*.
3. Air bekas pencuci tangki serta alat-alat lainnya.
4. Limbah cair yang berasal dari kamar mandi, WC, wastafel dan sarana pencuci lain.

Limbah cair pada Pabrik Alkohol Jatiroto memiliki 3 karakteristik yaitu karakteristik fisik, kimia dan biologi. Penggolongan karakteristik limbah cair Pabrik Alkohol Jatiroto antara lain:

1. Fisik: Berwarna gelap coklat, suhu relative tinggi, berat jenis relative tinggi (zat organik terlarut), zat padat tersuspensi relative tinggi dan berbuih.
2. Kimia: pH cenderung rendah, mengandung senyawa organik dan karbohidrat.
3. Biologis: Mengandung bakteri apathogen.

Beberapa karakteristik parameter penyusun limbah Pabrik Alkohol Jatiroto berdasarkan pengujian laboratorium adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Kualitas Air Limbah Pabrik Alkohol Jatiroto

No.	Parameter	Nilai
1.	Suhu	37°C
2.	Bau	Berbau
3.	Warna	Kecoklatan
4.	pH	5.54
5.	Sulfida (H <sub>2</sub> S)	1.478 mg/L
6.	BOD	775.6 mg/L
7.	COD	2310.0 mg/L

Sumber : Data Sekunder UKL-UPL Review 2013 Pabrik Alkohol Jatiroto

Berdasarkan lampiran I pada Peraturan Gubernur JawaTimur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri, terutama bagi usaha dan/atau kegiatan industri ethanol, batas maksimum air limbah yang dikeluarkan tidak boleh melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.3 Baku Mutu Air Limbah Industri Ethanol

BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK INDUSTRI ETHANOL Volume Limbah Maksimum=15 M <sup>3</sup> per ton produk ethanol	
Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
BOD5	100
COD	300
TSS	100
Sulfida (sbg S)	0,5
pH	6,0 – 9,0

Sumber: Pergub JawaTimur No.72 Tahun 2013

Jika dibandingkan dengan nilai baku mutu gubernur, diketahui bahwa kualitas air limbah Pabrik Alkohol Jatiroto yaitu *vinasse* memiliki nilai yang jauh lebih tinggi di atas batas yang diperbolehkan. 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.

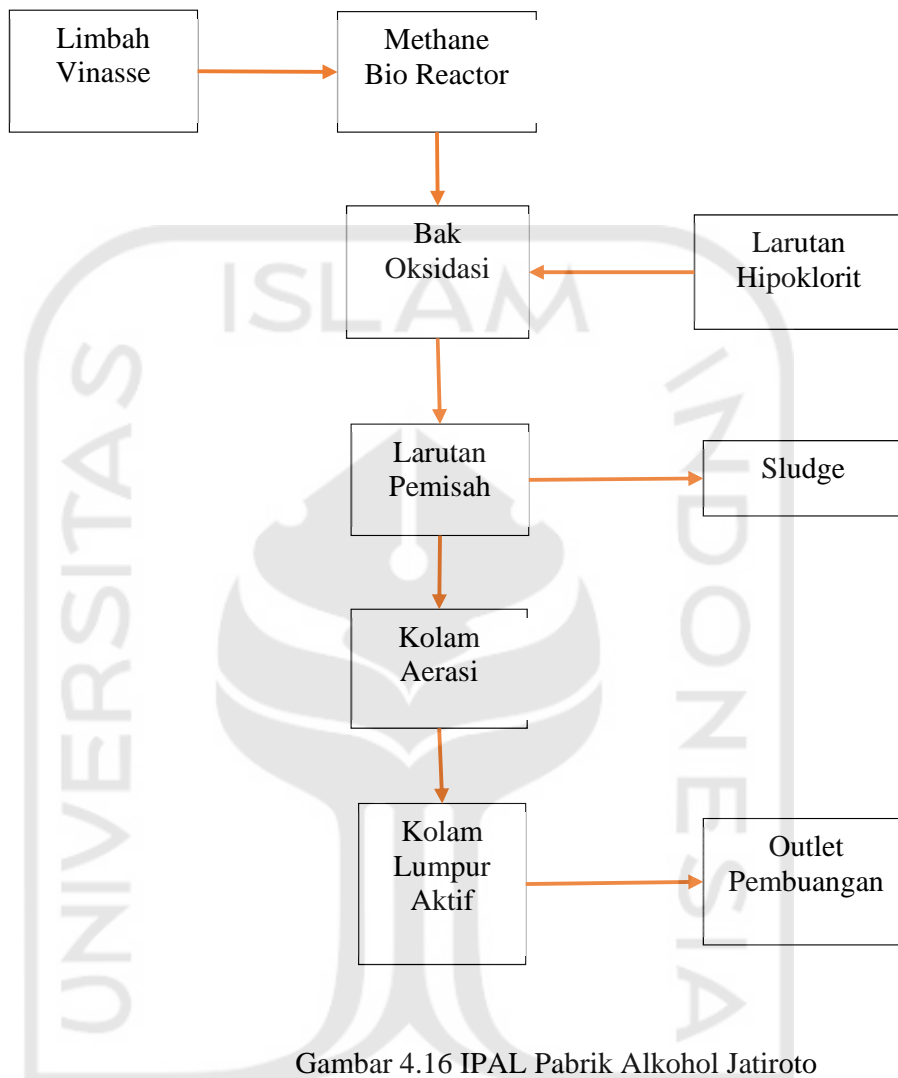
#### 4.5 Pengolahan Limbah Eksisting

Dalam proses pengolahan limbahnya dialirkan melalui perpipaan menuju IPAL Pabrik Alkohol Jatiroto/Lagoon yang terdiri dari Kolam Pengendap Awal, Kolam Aerasi, Kolam Pengendap Akhir dan Saluran Pembuangan. Berikut upaya untuk menurunkan kadar BOD dan COD

*vinasse* yang sangat tinggi diperlukan tahapan pengolahan yang cukup panjang terdiri dari beberapa proses (diagram alir terlampir).

- a. Proses aerob dengan menggunakan *Methane Bio Reactor* (MBR) dengan menggunakan bakteri anaerob yang menghasilkan gas *methane*, yang pada pengolahannya dapat dialirkan pipa dan dibakar. Proses ini diharapkan terjadi penurunan kadar BOD sebesar 40%, sehingga BOD yang keluar bisa sampai sekitar 6000.
- b. Selanjutnya dilakukan proses oksidasi dengan menggunakan larutan Hipoklorit dalam suatu bak berpengaduk, kemudian dialirkan ke bak pemisah yang menghasilkan lapisan bening dan endapan, lapisan bening ini diharapkan kandungan BOD-nya sudah turun 70% sehingga dicapai kadar BOD sebesar 1800.
- c. Tahap berikutnya karena pada proses oksidasi bakteri pengurai anaerob mati, maka proses pengolahan limbah selanjutnya memakai bakteri pengurai aerob. Limbah dialirkan ke bak aerasi yang dilengkapi aerator sebagai penyuplai oksigen bagi kelangsungan hidup bakteri aerob, pada tahap ini juga terjadi penurunan kadar BOD yang cukup signifikan.
- d. Dari bak aerasi, limbah diolah dalam lagoon yang memakai lumpur aktif, sampai didapatkan kadar BOD yang diperkenankan.

Untuk menurunkan temperature *vinasse* dari kolom distilasi yang mencapai 90°C, *vinasse* dilewatkan melalui *Plate Heat Exchanger* untuk memanaskan *Mash/Wort* yang akan didistilasi, sehingga temperature *vinasse* turun sampai 40°C. Untuk menurunkan keasaman dari *vinasse* (pH=5) dilakukan penambahan larutan susu kapur, sehingga diperoleh *vinasse* dengan keasaman pH = 6.



#### 4.6 Analisis Potensi Produksi Bersih

Berdasarkan diagram alir proses produksi spiritus dan sistem pengolahan limbah eksisting yang ada di Pabrik Alkohol Jatiroto telah diketahui apa saja dan berapa banyak bahan masuk dan limbah yang keluar serta bagaimana limbah tersebut diolah. Melalui data tersebut, maka selanjutnya dapat dianalisis potensi produksi bersih berdasarkan konsep 5R yaitu *Rethink*, *Reduce*, *Reuse*, *Recycle* dan *Recovery*. Analisis potensi produksi bersih dilakukan berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah ada sebelumnya.

## 1. Rethink

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

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

Dengan melakukan upaya peningkatan kesadaran karyawan mengenai konsep produksi bersih dengan pembinaan teknis melalui jalur pendidikan dan pelatihan, melaksanakan proyek-proyek percontohan (*demonstration project*) serta penyebarluasan informasi melalui seminar, penyuluhan, evaluasi, atau kegiatan lainnya yang berkaitan dengan produksi bersih.

Membuat alternatif mengenai Produksi Bersih guna mengurangi limbah yang ditimbulkan kegiatan Pabrik Alkohol dengan perangkat manajemen dan teknologi lingkungan, audit lingkungan, sistem lingkungan (ISO 14001), evaluasi kinerja lingkungan, *ecolabel* dan produktivitas lingkungan di Indonesia.

Bila di kabupaten Lumajang sendiri, upaya pemerintah kabupaten Lumajang dalam menunjang produksi bersih tercantum dalam Peraturan Daerah Kabupaten Lumajang Nomer 03 Tahun 2009 tentang Kewenangan Pemerintah Kabupaten Lumajang Dalam Urusan Pemerintah Wajib dan Urusan Pemerintah Pilihan yaitu “Pembinaan dan pengawasan penerapan sistem manajemen lingkungan, ecolabel, produksi bersih, dan teknologi berwawasan lingkungan yang

mendukung pola produksi dan konsumsi yang berkelanjutan pada skala kabupaten.”

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, daur ulang, dll. Khususnya masyarakat yang berada di kawasan Pabrik Alkohol Jatiroto dapat membantu apabila ada agenda kegiatan ramah lingkungan yang dilakukan Pabrik Alkohol Jatiroto.

## 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. Pengurangan bisa berupa penggantian bahan berbahaya menjadi tidak berbahaya, pengurangan pemakaian air dan energi dengan cara perbaikan proses produksi/operasi, penggantian peralatan/teknologi yang lebih efisien atau perubahan tata letak.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Christine D.Linelejan dan Christian A.Wirawan (Yogyakarta, 2004) diketahui bahwa *vinasse* dapat dimanfaatkan sebagai substiuen air pengencer pada medium fermentasi alkohol. Dihasilkan air pengencer yang baik pada starter : molase 55° Brix : *vinasse* = 24 : 30 : 46 dengan kepekatan awal 26,2° Brix yaitu 9,475%., sedangkan pada medium kontrol perbandingan starter : molase 55° Brix : air = 24 : 30 : 40 menghasilkan kepekatan awal 25,5° Brix atau kadar alkohol 10%. Metode *reduce* ini mampu mengurangi volume limbah produksi sebesar 44,4% dan dapat menghemat air yang digunakan sebagai pengencer sebesar 32,12%.

### 3. Reuse

Tinjauan dari segi *reuse* adalah dengan mengkaji ada tidaknya upaya pemanfaatan air limbah secara langsung tanpa melalui perlakuan fisika, kimia atau biologi. Menggunakan kembali limbah yang dapat digunakan untuk fungsi yang sama ataupun fungsi lainnya. Terkait hal ini inovasi dan eksplorasi terhadap pemanfaatan lain dari hasil proses produksi alkohol di Indonesia cukup banyak. Artinya, ini menjadi peluang mencari potensi kemanfaatan dari melimpahnya limbah hasil produksi alkohol. Persoalan *reuse* banyak disebabkan karena tidak adanya kepentingan yang bersinergi antara limbah yang dihasilkan dengan tujuan pemanfaatan.

Berdasarkan data yang telah diperoleh, Pabrik Alkohol Jatiroto dalam proses produksinya kurang lebih sekitar 90% dari proses destilasi alkohol akan menghasilkan limbah *vinasse*, yaitu 187,182 m<sup>3</sup>/hari.

Berdasarkan analisis studi pustaka pada penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya, salah satunya adalah penelitian yang berjudul *Vinasse in Feed: Good for Animal and Environment*, hasil penelitian tersebut berkesimpulan bahwa ketersediaan bahan organik dan anorganik dalam *vinasse* berpotensi untuk digunakan sebagai media pembawa mikroorganisme guna mengembalikan kesuburan tanah (Hidalgo, 2009). Kondisi tersebut membuat *vinasse* berpotensi sebagai media pembawa pupuk hayati karena memenuhi kriteria murah, tersedia dalam jumlah melimpah dan terbukti bersifat non-toksik bagi tanaman.

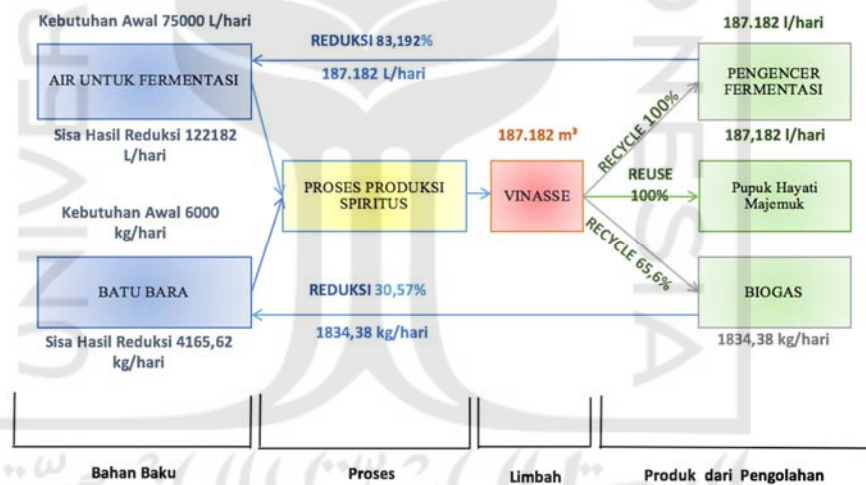
### 4. Recycle



Tinjauan dari segi *recycle* (daur ulang) mengkaji ada tidaknya upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah dengan memprosesnya kembali ke proses semula melalui perlakuan fisika, kimia atau biologi. Namun, beberapa kelemahan dari *recycle* dibandingkan *reuse* adalah proses *recycle* memerlukan energi besar.

Dalam penelitian (Soeprijanto dkk) yaitu Pengolahan Vinasse dari Air Limbah Industri Alkohol Menjadi Biogas Menggunakan Bioreaktor *Using Upflow Sludge Blanket* (UASB) dijelaskan bahwa vinasse hasil dari air limbah industry alkohol dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas sebagai bahan bakar alternatif.

Berdasarkan uraian di atas, apabila proses produksi bersih dibuat menjadi diagram alir produksi bersih maka akan menjadi sebagai berikut:



Gambar 4.17 Analisis Produksi Bersih di Pabrik Alkohol Jatiroto

Apabila dari proses produksi diatas dibuat persentase pengolahan dari limbah Pabrik Alkohol Jatiroto, maka dapat diuraikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.4 Persentase Pemanfaatan Limbah

Limbah	Volume Bahan (liter/hari)	Pemanfaatan	Efisiensi Pemanfaatan	Rasio bahan : Hasil	Volume Hasil (hari)
Vinasse	187.182	Pupuk hayati majemuk	100%	1 : 1	187.182 l
		Pengencer Fermentasi	100%	1 : 1	187.182 l
		Biogas	65.6%	1 : 0,656	1834,38 kg

Diketahui pada tabel diatas, limbah cair vinasse dapat dijadikan sebagai pupuk hayati majemuk dan pengencer fermentasi dengan rasio bahan : produk adalah 1:1 atau efisiensi pemanfaatan sebesar 100%, maka potensi pupuk hayati majemuk dan pengencer fermentasi yang dihasilkan mencapai 187.182 liter/hari. Sedangkan pemanfaatan limbah cair vinasse sebagai biogas dengan rasio bahan : produk adalah 1:0,656 atau efisiensi pemanfaatan sebesar 65,6%, maka potensi biogas yang dihasilkan mencapai 1.834,38 kilogram/hari.

Tabel 4.5 Persentase Reduksi

Reduksi	Kebutuhan Harian	Alternatif	Volume	Satuan	Reduksi (%)
Air fermentasi	225000	Vinase	187182	Liter	83,192
Batu bara	6000	Biogas	1834,38	Kg	30,57

Rumus persentase reduksi :

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

Berdasarkan tabel 4.5 dapat diketahui bahwa nilai reduksi air fermentasi dapat diganti dengan limbah cair vinasse sebesar 83,192%. Sedangkan nilai reduksi bahan bakar batu bara yang dapat diganti dengan biogas sebesar 30,57%. Namun perlu diingat, apabila kebutuhan energi pada boiler berkurang, maka berakibat penurunan produksi dan terganggunya kualitas produk.

#### 4.7 Analisis Teknologi Produksi Bersih

Pada diagram alir analisis produksi bersih di Pabrik Alkohol Jatiroto telah diketahui bahwa terdapat 3 jenis limbah yaitu limbah vinasse, CO<sub>2</sub>, dan sludge. Serta potensi teknologi produksi bersih yang dapat diterapkan. Berikut jurnal penelitian-penelitian yang pernah dilakukan pada tempat lain.

### **1. Pemanfaatan vinasse sebagai substituen air pengencer pada medium fermentasi alkohol**

Vinasse sebagai hasil dari fermentasi molasses menjadi alkohol dapat dijadikan sebagai air pengencer pada medium fermentasi untuk mengurangi pemakaian air bersih pada pengenceran molasses. Didalam penelitian yang dilakukan oleh Christine D.Linelejan dan Christian A.Wirawan (Yogyakarta, 2004) maka ditemukan bahwa hasil terbaik yang mendekati kualitas dari perlakuan kontrol pada fermentasi utama dimana dibutuhkan starter, *molasses* dan air bersih menghasilkan kadar alkohol lebih kurang 10% dengan syarat-syarat fermentasi yang dicukupi. Yaitu kadar gula, suhu, pH, nutrient dan waktu fermentasi, adalah perbandingan antara starter, *molasses* dan *vinasse* (sebagai pengganti air bersih) dengan perbandingan 24:30:46. Dimana kadar alkohol yang tercapai adalah 9,475%.

### **2. Pemanfaatan vinasse menjadi pupuk majemuk hayati cair**

*Vinasse* yang masih mengandung bahan-bahan organik dapat dimanfaatkan menjadi pupuk majemuk hayati cair dengan cara menambahkan pemicu penumbuhan bakteri seperti EM4 dan nikrobakter/*star plane* yang menghasilkan *actinomyces*, bakteri penambat N, bakteri pelarut P, bakteri perombak bahan organik, jamur, bakteri *e.coli*, *salmonella sp* dan bakteri *fitohormon*. Pembuatan pupuk majemuk hayati cair dilakukan dengan cara menampung vinasse pada tangki plastik volume 5.000 L kemudian ditambahkan pemicu bakteri sebanyak 50 L kemudian dipompa ke

truk tangki yang siap untuk dikirim ke lahan. Pupuk majemuk hayati cair ini bisa dimanfaatkan untuk menyuburkan lahan tebu milik Pabrik Gula Jatiroto yang terletak bersebelahan dengan pabrik alkohol jatiroto. Dalam tahap awal dibuat pupuk majemuk hayati cair sebanyak 100% dari total volume *vinasse* sebesar 187.182 L/hari sedang dibutuhkan starter untuk pembuatan bakteri pupuk majemuk hayati cair sebesar 18.718,2 L. Jadi produk pupuk majemuk cair sebesar 205.900,2 L/hari.

### 3. Pemanfaatan *vinasse* menjadi biogas

*Vinasse* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas memakai teknologi UASB (*Upflow Anaerob Sludge Blanket*). Dalam keadaan anaerob maka kondisi *steady* tercapai setelah hari ke-10. Efisiensi maksimum pengurangan COD sebesar 61,59% (penelitian Soeprijanto dkk). Dari analisis *vinasse* pabrik alkohol jatiroto COD sebesar 2310,06 mg/L maka penurunan COD nya menjadi 887,3 mg/L, sedang untuk pemakaian bahan baku *vinasse* sebesar 187.182 L/hari maka terbentuk biogas sebesar 48.461,41 L/hari.

Dalam pembuatan biogas yang dilakukan oleh Soeprijanto dkk, digunakan starter yang dibuat melalui campuran sludge dengan NaOH untuk menetralkan pH, selanjutnya diinkubasi dalam tangki selama 5 hari. Kemudian dimasukkan kedalam bioreactor UASB yang berkapasitas 14.000 L. Yaitu dengan dimasukkan campuran starter 6035 L/jam dan *vinasse* sebanyak 7875 L/jam.