

BAB I

Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dalam rangka memasuki pembangunan jangka panjang, pemerintah menitikberatkan pembangunan nasional pada sektor industri. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang hingga saat ini masih mengandalkan impor bahan-bahan industri untuk memenuhi kebutuhan produksi perusahaan kimia. Dirjen Perdagangan Luar Negeri Kementerian Perdagangan menyampaikan bahwa lonjakan impor etil alkohol (etanol) di penghujung 2018 terjadi karena adanya kebutuhan Industri. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), lonjakan impor alkohol terlihat pada tahun 2019 dimana alkohol murni (etil alkohol) mencapai sebesar 77,5 juta dolar AS, atau naik 6,4 juta persen dibandingkan tahun 2018.

Etanol memiliki nama lain etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol. Etanol adalah jenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, dan tak berwarna. Etanol merupakan bahan kimia yang banyak terdapat dalam minuman beralkohol atau arak. Pada industri kimia, etanol sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan asam asetat, ester, etilen, dan bahan bakar. Etanol juga digunakan pada industri

kosmetik, industri farmasi, dan kedokteran. Sehingga, keberadaan pabrik etanol sangat dibutuhkan oleh industri kimia.

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia yang berasal dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme, karena pembuatannya melibatkan proses biologis, produk etanol yang dihasilkan diberi nama bioethanol. Bioetanol merupakan salah satu bahan alternatif terbarukan yang berpotensi dikembangkan di Indonesia. Meningkatnya kebutuhan bioetanol di sektor industri mengakibatkan tingginya nilai impor bioetanol di Indonesia. Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya penggunaan bioetanol sebagai bahan tambahan pada industri farmasi, dan industri kimia lainnya. Oleh karena itu produksi bioetanol harus ditingkatkan dengan mencari alternatif lain untuk menghasilkannya.

Salah satu alternatif lain yang cukup potensial yang dapat dijadikan sebagai bahan baku bioetanol yaitu nira aren. Nira aren merupakan salah satu produk utama dari pohon aren yang banyak ditanam oleh masyarakat Indonesia. Menurut Imam Khasani (1989) Nira aren memiliki kandungan gula sekitar 15% - 24%, air serta sejumlah asam amino dan lemak yang diperoleh dengan penyadapan nira dari pohon aren.

Maka dari itu nira aren merupakan salah satu alternatif bahan baku pembuatan bioetanol yang tepat, karena selain masih memiliki kandungan gula yang cukup besar, pembuatan bioetanol dari nira aren juga berpotensi untuk bisa memberikan pilihan lain kepada petani aren

untuk menjual produknya sebagai bahan baku yang dapat meningkatkan pendapatan dan mengatasi pengangguran di daerah yang nantinya akan dijadikan lokasi pendirian pabrik ini.

1.2. Penentuan kapasitas

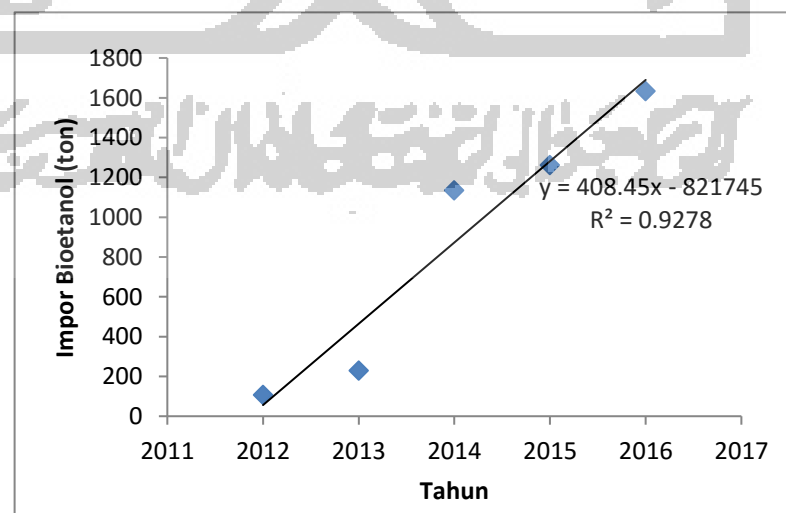
1.2.1. Kebutuhan Impor Etanol

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, selama 5 tahun impor etanol di Indonesia diperkirakan akan semakin meningkat. Seperti yang dapat diamati pada Tabel 1.1 Data impor bioetanol di Indonesia berikut :

Tabel 1. 1 Data Impor etanol di Indonesia

TAHUN	JUMLAH (ton)
2012	106,43
2013	229,44
2014	1.134,50
2015	1.262,00
2016	1.632,40

Sumber : Badan Pusat Statistik 2017



Gambar 1. 1 Grafik Hubungan Tahun dengan Impor etanol di Indonesia

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 408,45x - 821.745$ yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor etanol di Indonesia pada tahun 2023. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi impor etanol di Indonesia sebesar 4.550 ton/tahun.

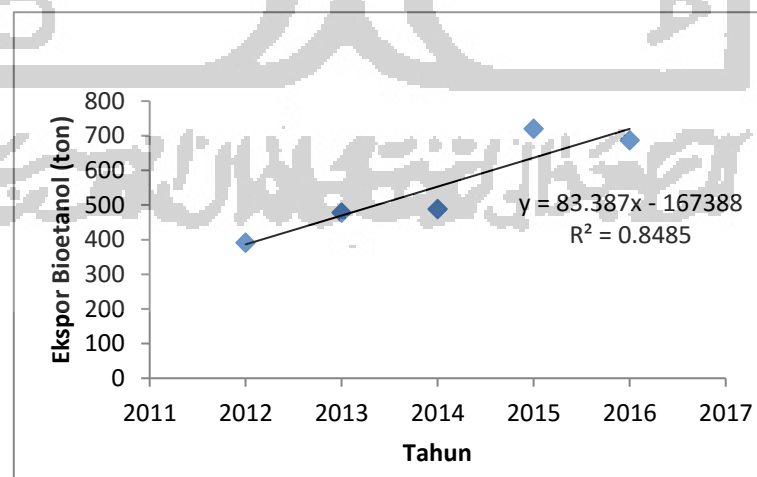
1.2.2. Kebutuhan Ekspor Etanol

Berikut data ekspor etanol di Indonesia

Tabel 1. 2 Data Ekspor etanol di Indonesia

TAHUN	JUMLAH (ton)
2012	391,478
2013	478,054
2014	488,136
2015	720,374
2016	687,253

Sumber : Badan Pusat Statistik 2017



Gambar 1. 2 Grafik Hubungan Tahun dengan Ekspor etanol di Indonesia

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 83,387x - 167388$ yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan ekspor etanol di Indonesia pada tahun 2023. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi ekspor bioetanol di Indonesia sebesar 1.304 ton/tahun.

1.2.3. Konsumsi Etanol

Menurut sebuah artikel disebutkan bahwa saat ini produksi etanol dari dalam negeri hanya bisa mencukupi sekitar 50% kebutuhan.

Dengan kata lain, kebutuhan konsumsi etanol di Indonesia diperkirakan mencapai dua kali besar produksi dalam negeri.

1.2.4. Produksi Bioetanol

Berikut ini adalah kapasitas produksi bioetanol di Indonesia.

Tabel 1. 3 Pabrik Bioetanol yang Beroperasi di Indonesia

No	Pabrik Bioetanol	Kapasitas (Ton/tahun)
1	PT. Madusari	40500
2	Indo Lampung Distillery	16000
3	Madukismo	3300
TOTAL		59800

Sumber: BPPT, 2015

Informasi diatas dapat digunakan untuk mengetahui jumlah kebutuhan bioetanol sebagai perhitungan lanjutan didalam menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan.

Jumlah Peluang = (Konsumsi – Produksi) + (Impor –Ekspor)

$$= (119,600 - 59.800) + (4.957 - 1.386)$$

$$= 63,371 \text{ Ton/tahun}$$

Dari persamaan di atas diketahui bahwa kebutuhan etanol di Indonesia pada tahun 2023 berdasarkan pertimbangan di atas, analisis potensi ketersediaan bahan baku Provinsi Sumatera Utara dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2023 maka diputuskan akan dibuat pabrik Bioetanol dengan kapasitas sekitar 30% dari total peluang yang ada. Berdasarkan pertimbangan di atas diambil kapasitas produksi bioetanol sebesar 20.000 ton/tahun. Dengan pendirian pabrik bioetanol dari nira aren ini diharapkan:

- Dapat memenuhi kebutuhan bioetanol di Indonesia sehingga mengurangi impor dari luar negeri.
- Memperluas lapangan kerja dalam negeri yang dapat memberikan lapangan pekerjaan dan pemerataan ekonomi.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Nira Aren (*Arenga Pinnata*)

Pohon aren menurut klasifikasi tanaman dimasukkan dalam divisi *spermatophyta*, subdivisi *Angiospermae* kelas *monocotyledonae*. Tanaman ini adalah tanaman yang sangat potensial untuk dikembangkan menjadi bahan bakar alternatif dan tanaman ini mudah beradaptasi baik pada berbagai keadaan mulai dari dataran rendah hingga dataran dengan ketinggian 1400 m diatas permukaan laut (Ditjen Perkebunan, 2009)

Tumbuhan aren sudah lama dikenal sebagai sumber gula yang terdapat dalam air sadapannya. Kandungan gula yang berkisar antara 15% - 24% dan tingkat rendemen sukrosa paling tinggi sekitar 24%. Tanaman aren memiliki kelebihan dibandingkan tebu, dimana pohon aren lebih produktif menghasilkan nira dibandingkan dengan tebu dimana produktifitasnya sekitar 4-8 kali lebih banyak dibandingkan tebu, menjadikan tanaman ini sebagai salah satu alternatif bahan baku yang memiliki potensi besar untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol.

1.3.2. Bioetanol

Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa dan dilanjutkan dengan proses destilasi. Bioetanol yang disebut juga etil alkohol mempunyai karakteristik sebagai berikut, yaitu mempunyai titik didih $78,4^{\circ}C$, tidak berwarna, mudah menguap (*volatile*), mudah terbakar, larut dalam air, mempunyai bau tajam (menyengat). Bioetanol juga dapat bereaksi secara dehidrasi, dehidrogenasi, oksidasi, esterifikasi (Dea, 2009).

Proses pembuatan etanol dapat dilakukan dengan berbagai proses, baik dalam skala laboratorium maupun skala industri dimana biasanya pembuatan dalam skala industri diawali dengan skala laboratorium, adapun proses-proses yang umum digunakan dalam skala laboratorium adalah sebagai berikut (Kirk Orthmer, 1980) :

- Hidrasi Etilena dengan menggunakan Asam encer

- Hidrasi Etil Eter
- Hidrolisa Etil Ester
- Hidrogenasi Asetaldehid
- Oksidasi Hidrokarbon

Proses-proses tersebut diatas merupakan alternatif pembuatan etanol, proses lain yang dianggap dapat menguntungkan adalah (Ullmans, 1999) :

1. Metode sintesis

Metode sintesis dilakukan dengan menggunakan reaksi kimia yang mengubah bahan baku menjadi alkohol, contohnya reaksi hidrasi etilen.

Direct Hidration of Ethylene

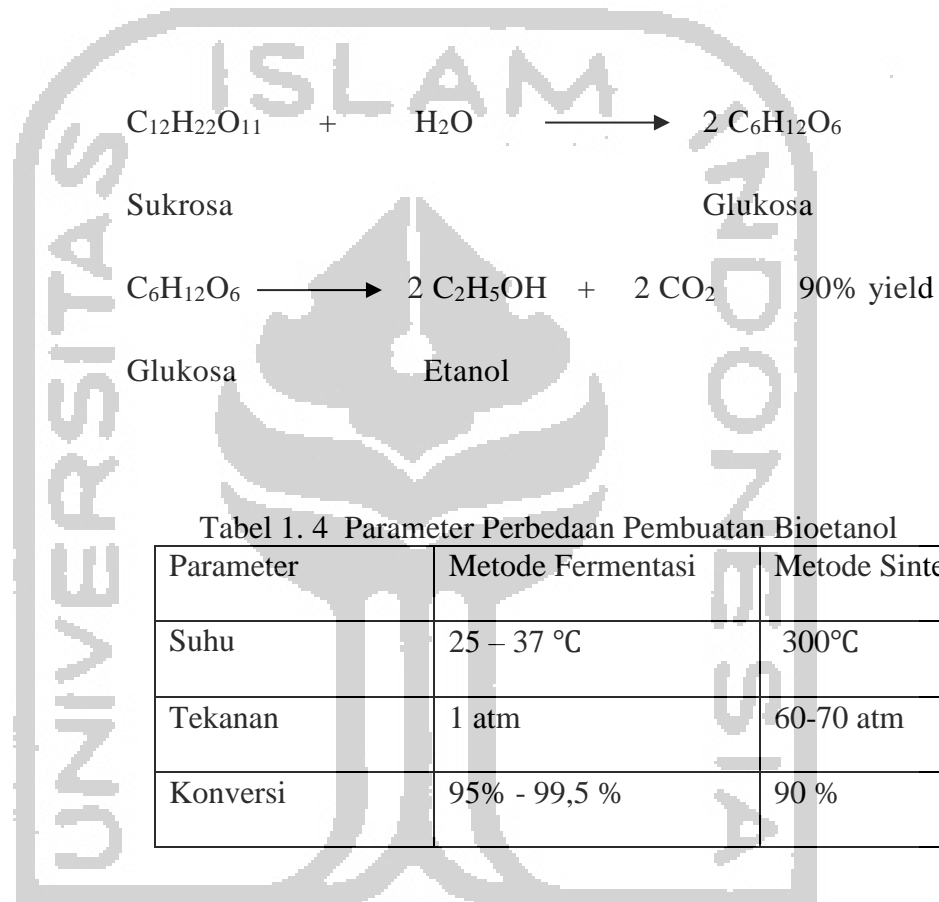
Pada proses ini pembentukan etanol berlangsung melalui satu tahap reaksi, yaitu sebagai berikut :



2. Fermentasi dengan bahan baku Karbohidrat

Etanol (C₂H₅OH) merupakan produk fermentasi yang dibuat dari substrat yang mengandung karbohidrat (gula, pati atau glukosa). Fermentasi etanol terjadi pada kondisi anaerob dengan menggunakan khamir tertentu yang dapat mengubah glukosa menjadi etanol. Dan 1 molekul glukosa akan membentuk 2 molekul etanol dan CO₂, sehingga berdasarkan bobotnya secara teoritis 1

gram glukosa akan menghasilkan 0,51 gram etanol (Mulyono, 1992). Proses fermentasi terjadi dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Maka metode yang dipilih dalam pra rancangan pabrik bioetanol ini adalah metode fermentasi, karena metode fermentasi merupakan proses yang sesuai dengan bahan baku yaitu mengandung karbohidrat (gula,pati atau glukosa). Proses produksi etanol dari gas sintetis ataupun etilen masih berasal dari turunan produk petroleum, yang ketersediaanya semakin terbatas seiring waktu.

BAB II

Perancangan Produk

2.1. Spesifikasi Produk

2.1.1. Etanol

Rumus Molekul	: C_2H_5OH
Wujud	: Cair tak berwarna
Berat molekul	: 46,07 gr/mol
Densitas	: 0,789 gr/cm ³
Titik Didih	: 78,4 °C
Titik nyala	: 25 °C
Titik lebur	: -114,14 °C
Titik beku	: -117,3 °C
Temperature kritis	: 243 °C
P kritis	: 63840 hPa
Tekanan uap	: 58 kPa
Spesifik gravitasi (15,56 °C)	: 0,816
Viskositas (20 °C)	: 0,0141 poise
Sifat-sifat lain etanol	: - Mudah terbakar (<i>volatile</i>) - Larut dalam air - Mudah terbakar - Dapat bereaksi secara dehidrasi, dehidrogenasi, oksidasi, esterifikasi.
Kadar Etanol	: 90 – 95 %

2.1.2. Karbondioksida

Rumus molekul	: CO ₂
Wujud	: Gas
Massa molar	: 44,0095 g/mol
Densitas	: 1,98 g/L
Titik didih	: -78 °C
Titik lebur	: -57°C
Viskositas	: 0,07 cP pada -78 °C
P Kritis	: 72,8 atm
T kritis	: 304,2°C
Bentuk molekul	: Linear
Kelarutan dalam air	: 1,45 g/L

2.2. Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1. Nira Aren

Nira aren adalah nira hasil dari penyadapan yang dilakukan terhadap pohon aren. Nira aren yang disadap masih memiliki viskositas 14,53 cp dengan kandungan gula 24%. Berikut merupakan tabel kandungan nira aren:

Tabel 2. 1 Komposisi Nutrisi Nira Aren

Kandungan	%
Kadar air	76,37
Kadar gula	23,04
Protein	0,36
Lemak	0,02
Abu	0,21

(Sumber : *Widjanarko, 2008*)

2.2.2. *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae adalah nama spesies yang termasuk dalam khamir berbentuk oval. *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai mikro struktur yang terdiri dari kapsul dan dinding sel, *Saccharomyces cerevisiae* yang bersifat *fermentative* (melakukan fermentasi yaitu memecah glukosa menjadi karbondioksida dan alkohol kuat). Namun dengan adanya oksigen, *saccharomyces cerevisiae* juga dapat melakukan respirasi yaitu mengoksidasi gula menjadi karbon dioksida dan air.

Karakteristik *Saccharomyces cerevisiae*:

Bentuk	: Padatan
Suhu Optimum	: 32°C
pH Optimum	: 4 – 5
Kingdom	: Fungi

2.2.3. Nutrient $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Urea dan H_2SO_4

Penambahan nutrient $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ bertujuan untuk keperluan nutrisi ragi dan nantinya ditambahkan kedalam reaktor. Kebutuhan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebanyak 0,1-0,9% dari kadar gula larutan fermentasi. Sedangkan komponen H_2SO_4 dan urea dimasukkan kedalam reaktor sebagai pengatur pH dalam proses fermentasi.

2.2.4. Enzim Invertase

Enzim invertase termasuk ke dalam kelompok enzim hidrolase. Enzim hidrolase merupakan enzim yang cukup penting dalam proses

hidrolisis, karena enzim invertase adalah enzim yang mengkatalisis reaksi hidrolisis suatu substrat atau pemecahan substrat dengan pertolongan molekul air. Disebut enzim invertase karena pada hasil hidrolisisnya terjadi arah perubahan optik atau invertasi.

2.3. Pengendalian Kualitas

Kualitas suatu bahan mempengaruhi daya jual suatu produk tertentu semakin baik dan bagus kualitas suatu produk maka akan menjadi nilai tambah dalam proses penjualan. Mempertahankan suatu mutu barang merupakan hal yang penting dalam dunia industri dan memerlukan perhatian khusus dari perusahaan.

Maka dari itu untuk menjaga mutu dan kualitas produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka perlu dilakukan :

2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang akan digunakan, dan apakah bahan baku

tersebut memenuhi spesifikasi pabrik untuk diolah menjadi produk.

Kualitas nira yang dihasilkan dari suatu industri dipengaruhi oleh cara pembersihan niranya, jika pembersihanya kurang sempurna maka akan banyak kotoran yang ada dalam nira aren. Kualitas nira aren juga dipengaruhi oleh lokasi penanaman, kondisi iklim tanam, komposisi nira, dan kondisi penyimpanan.

Kualitas nira aren yang buruk dapat mempengaruhi kehidupan yeast yang akan berdampak terhadap produksi alkohol yang kurang optimal, sehingga kualitas nira aren mempengaruhi mutu produk

Maka dari itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap bahan baku pembuatan etanol dan bahan-bahan lain seperti katalis dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses dengan baik di dalam pabrik sehingga menghasilkan produk yang sesuai.

2.3.2. Pengendalian proses produksi

Pengendalian kualitas produksi dilakukan dengan alat ukur dan instrumentasi yang berpusat di dalam *control room*. Dengan adanya sistem tersebut maka bagian-bagian penting dari pabrik yang memerlukan pengawasan rutin setiap saat dapat dikontrol dengan baik karena proses tersebut dilakukan secara *automatic control* dengan menggunakan indikator. Instrumentasi memiliki 3 fungsi utama, yaitu sebagai alat pengukur, alat analisa, dan alat kendali. Instrumen harus ada dan harus berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan kebutuhan dimana instrumen tersebut ditempatkan. Maka jika didalam proses produksi terjadi penyimpangan pada indikator maka instrumen akan memberikan sinyal atau tanda yang berupa nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau di set semula baik secara manual

ataupun otomatis. Oleh karena itu instrument merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan mutu dan kualitas dari suatu hasil produksi. Pengendalian proses produksi meliputi aliran dan alat sistem control. Beberapa instrumentasi yang digunakan dalam proses produksi antara lain :

Aliran sistem control :

1. Aliran pneumatis (aliran udara tekan) digunakan untuk valve dari controller ke actuator.
2. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
3. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

Alat sistem control :

Alat sistem control ini yang akan mengendalikan jalannya proses produksi. Alat control yang harus di pasang antara lain :

1. *Level controller* (LC)

Alat ini dipasang pada bagian atas tangki, tujuan pemasangan Level Controller adalah untuk memastikan bahwa tinggi cairan yang berada di dalam tangki tidak melebihi batas maksimum dari batas yang diperbolehkan. Apabila tinggi cairan di dalam tangki sudah melebihi batas, Level Controller akan memberikan isyarat atau tanda berupa suara atau nyala lampu. Dalam keadaan seperti ini,

ada 2 kemungkinan yang bisa dilakukan yaitu mengecilkan valve yang mengarah masuk ke tangki atau membesarkan valve yang mengarah ke luar tangki agar tangki cairan kembali ke keadaan normal.

2. *Pressure controller (PC)*

Pemasangan alat ini bertujuan untuk mengetahui dan mengendalikan tekanan operasi yang sedang berjalan, sesuai dengan tekanan operasi suatu alat yang digunakan. Karena apabila tekanan operasi melebihi tekanan yang diperbolehkan akan berakibat fatal, misalnya terjadi ledakan. Maka Pressure Controller harus dipasang pada alat proses yang membutuhkan control tekanan seperti alat yang menggunakan aliran steam atau gas bertekanan tinggi.

3. *Flow Controller (FC)*

Alat ini dipasang pada aliran masuk dan keluar suatu alat proses yang bertujuan untuk mengetahui dan mengendalikan debit aliran. Debit aliran yang akan masuk atau keluar proses harus sesuai dengan yang sudah ditetapkan, karena debit aliran ini akan berpengaruh pada proses selanjutnya. Apabila debit aliran masuk terlalu besar, bahan yang masuk akan menumpuk di dalam alat proses. Sebaliknya apabila debit aliran terlalu kecil proses akan berjalan dengan lambat.

4. *Temperature controller (TC)*

Alat ini dipasang di setiap alat proses yang bertujuan untuk mengetahui dan mengendalikan suhu operasi alat berdasarkan suhu operasi yang sudah ditetapkan pada alat proses sesuai dengan kebutuhan.

2.3.3. Pengendalian kualitas produk :

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap kemurnian dari produk bioetanol. Dimana untuk memperoleh produk dengan kemurnian sesuai standar pabrik maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian proses yang sesuai aturan dengan standar pabrik maka akan dihasilkan produk dengan kualitas kemurnian yang baik, sesuai dengan kebutuhan pasar, dan untuk menjaga eksistensi produk dipasaran agar tidak kalah saing. Hasil akhir dari produk juga harus diperhatikan performa fisiknya baik itu warna, bau dan pengemasan. Hal lain yang harus diperhatikan adalah kebersihan produk yang bisa dikendalikan dari sebelum, saat dan sesudah proses berlangsung.