# BAB II
# DESKRIPSI PROSES

## 2.1 Pemilihan Proses

Pemilihan proses pada tahap prarancangan pabrik merupakan salah satu langkah penting dalam perancangan dan pembangunan suatu pabrik. Ada beberapa macam proses pembuatan Aseton secara komersial, antara lain:

a) Proses Cumene Hidroperoksida
b) Proses Oksidasi Isopropil Alkohol
c) Proses Dehidrogenasi Isopropil Alkohol

### 2.1.1 Tinjauan Aspek pemilihan proses

Pemilihan proses yang dipilih pada perancangan proses ini yaitu proses dehidrogenasi isopropil alkohol karena beberapa tinjauan aspek pemilihan proses antara lain :

a) Aspek Teknis

Tabel 2.1 Aspek teknis pemilihan proses

| Parameter | Cumene Hidroperoksida | Oksidasi Isopropanol | Dehidrogenasi Isopropanol |
|---|---|---|---|
| Reaktan | Cumene (Isopropil benzene) | Isopropanol | Isopropanol |
| Suhu Operasi | 80-130℃ | 200-800℃ | 200-350℃ |
| Tekanan Operasi | 6 atm | 10 atm | 1.5-3 atm |
| Fase Reaksi | Gas | Cair | Gas |
| Konversi | 35-40% | 15% | 90% |

(Kirk dan Othmer, 1992)

Pada proses *cumene hydrroperoxide* aseton yang dihasilkan lebih sedikit daripada fenol, bahan baku tidak langsung menjadi aseton tetapi melewati proses pembentukan produk antara terlebih dahulu. Pada proses oksidasi isopropanol pengontrolan suhu reaktor rumit, produk aseton yang dihasilkan merupakan produk samping. Pada proses dehidrogenasi isopropanol reaksi berlangsung pada suhu tinggi (endotermis), perlu adanya katalis karena proses terjadi pada suhu tinggi.

Dalam proses *cumene dioxide* menjadi *cumene hydrroperoxide* suhu yang digunakan cukup tinggi. Pada proses oksidasi propanol suhu yang digunakan cukup tinggi juga sedangkan pada proses dehidrogenasi isopropanol pengontrolan suhu reaktor lebih mudah, aseton dihasilkan sebagai produk utama, dan konversi isopropanol tinggi 90%.

Dari hasil perbandingan metode pembuatan aseton maka penyusun memutuskan untuk menggunakan metode dehidrogenasi isopropil alkohol dengan alasan sebagai berikut:

1. Proses dehidrogenasi isopropil alkohol tidak memerlukan unit pemisahan $O_2$ dari udara sebelum diumpankan ke dalam reaktor.
2. Pada jumlah isopropil alkohol yang sama, konversi pada proses dehidrogenasi lebih besar sehingga hasil produk aseton yang diperoleh lebih banyak.
3. Pada proses oksidasi timbul masalah terjadinya korosi sehingga dapat mengganggu jalannya proses, sedangkan pada proses dehidrogenasi, hal tersebut dapat dikurangi.

b) Aspek Ekonomi

Untuk menghitung Ekonomi Potensial (EP) dapat menggunakan persamaan berikut: EP = (Harga Produk x BM) – (Harga Reaktan x BM)

1) Proses Cumene Hidroperoksida

Tabel 2. 2 Aspek ekonomi proses cumane hidroperoksida

| Senyawa | BM (kg/kmol) | Harga (US $/kg) |
|---|---|---|
| Cumene ($C_6H_5CH(CH_3)_2$) | 120,1916 | 15 |
| Cumene Hydroperoxide ($C_6H_5C(CH_3)_2OOH$) | 152,1904 | 4 |
| Phenol ($C_6H_5OH$) | 94,1112 | 55 |
| Aseton ($C_3H_6O$) | 58,0791 | 5 |

(www.alibaba.com, 2019)

Reaksi:

$C_6H_5CH(CH_3)_2 \rightarrow C_6H_5C(CH_3)_2OOH$

$C_6H_5C(CH_3)_2OOH\ C_6H_5OH + CH_3COCH_3$

EP = [(5x58,0791) + (55 x 94,1112)] – [(4 x 152,1904) + (15x120,1916)]

= US$ 3054,8759/kg

2) Proses Oksidasi Isopropil Alkohol

Tabel 2.3 Aspek ekonomi proses oksidasi isopropil alkohol

| Senyawa | BM (kg/kmol) | Harga (US $/kg) |
|---|---|---|
| Isopropil Alkohol ($C_3H_8O$) | 60,095 | 1,25 |
| Oksigen ($O_2$) | 32 | 45,98 |
| Aseton ($C_3H_6O$) | 58,0791 | 5 |
| Air (H2O) | 18 | 0,05 |

(www.alibaba.com, 2019)

Reaksi: $CH_3CHOHCH_3 + ½\ O_2 \rightarrow H_2O + CH_3COCH_3$

EP = [(0,05 x 18) + (5 x 58,0791)] - [(1,25 x 60,095) + (45,98 x 32)]

= - US$ 519,50325/kg

3) Proses Dehidrogenasi Isopropil Alkohol

Tabel 2.4 Aspek ekonomi proses dehidrogenasi isopropil alkohol

| Senyawa | BM (kg/kmol) | Harga (US $/kg) |
|---|---|---|
| Isopropil Alkohol ($C_3H_8O$) | 60,095 | 1,25 |
| Aseton ($C_3H_6O$) | 58,0791 | 5 |
| Air (H2O) | 18 | 3,5 |

(www.alibaba.com, 2019)

Reaksi: $CH_3CHOHCH_3 \rightarrow CH_3COCH_3 + H_2$

EP = [(3,5 x 2) + (5 x 58,0791)] - [(1,25 x 60,095)]

= US$ 222,27675/kg

Pada uraian proses meninjau beberapa aspek dalam pemilihan proses sehingga kami memilih proses dehidrogenasi isopropil alkohol karena memiliki kelebihan salah satu aspek teknis nya yaitu isopropanol pengontrolan suhu reaktor lebih mudah, aseton dihasilkan sebagai produk

utama, dan konversi isopropanol tinggi 90% dan pada aspek ekonomi proses dehidrogenasi isopropil alkohol lebih ekonomis.

### 2.2.1 Meakanisme Reaksi Dehidrogenasi Isopropil Alkohol

#### 2.1.2.1 Persiapan Bahan Baku

Dalam penyediaan bahan baku $(CH_3)_2CH_2O$ didapatkan dari Shell Eastern Chemicals, Singapura. *Shell Eastern Chemicals*, Singapura merupakan *Shell Eastern Chemicals* Singapura, adalah sebuah perusahaan yang beroperasi di Singapura dan tercatat sebagai salah satu bagian dari *Shell Chemicals* dengan kapasitas produksi isopropil alkohol 75.000 ton/tahun.

Kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan suhu 303,15 K, Isopropil alkohol dari tangki penyimpanan (TP-001) dialirkan melalui pipa menuju pompa untuk dipompa dari tekanan 1 atm menjadi 1,97 atm kemudian dialirkan menuju vaporizer (V-001) sehingga cairan menguap. Hasil keluar vaporizer (V-001) masuk reaktor 1 (R-001) untuk pereaksian.

#### 2.1.2.2 Tahap Reaksi

Umpan masuk menuju reaktor fixed bed multitubular (R-01) yang berisi katalis padat ZnO. Reaksi berlangsung pada suhu 220°C dan tekanan 1,97 atm. Reaksi yang berlangsung merupakan reaksi endotermis, sehingga membutuhkan panas untuk menjaga suhu reaksi. Media pemanas yang digunakan yaitu steam cair bersuhu 270°C, pemanas disuplai dari furnace utilitas yang dialirkan ke dalam shell reaktor. Reaksi yang terjadi yaitu reaksi dehidrogenasi sebagai berikut :

$(CH_3)_2CHOH(g) \rightarrow (CH_3)_2CO(g) + H_2(g)$

Isopropil Alkohol Aseton Hidrogen.

Pemanas yang digunakan adalah steam, digunakan sebagai media pemanas dan dihasilkan melalui unit pembangkit steam yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap panas. Unit ini menggunakan boiler yang dilengkapi dengan spesifikasi tertentu, seperti kapasitas dan jenis, untuk menghasilkan steam yang sesuai dengan kebutuhan proses produksi. Steam yang dihasilkan kemudian digunakan pada heat exchanger untuk memanaskan bahan-bahan yang diperlukan dalam proses produksi.

### 2.1.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Produk keluar reaktor (R-001) yang berupa campuran gas aseton, air, isopropil alkohol sisa, dan hidrogen. Sebelum masuk separator tekanan di naikan menggunakan bantuan kompresi sehingga tekanannya menjadi 2,72 atm. Kemudian untuk mencapai suhu embun, gas keluaran reaktor didinginkan pada kondensor 1 (CD-001). Hasil atas separator (SP-001) yaitu campuran gas yang didominasi gas hidrogen ($H_2$). Sedangkan hasil bawah separator 1 (SP-001) berupa campuran aseton, isopropil alkohol, dan air diumpankan menuju menara distilasi 1 (MD-001) untuk memurnikan aseton sebagai produk. Hasil atas menara distilasi (MD-001) berupa uap aseton dengan kemurnian 99,9% diembunkan pada condensor 1 (CD-001) dengan media pendingin air.

Hasil distilat ini ditampung pada tangki akumulator (ACC-001) yang selanjutnya displit menjadi dua arus, satu arus sebagai reflux yang diumpankan kembali menuju bagian atas menara distilasi 1 (MD-001), sedangkan arus lain dialirkan keluar sebagai produk. Produk berupa aseton. Hasil tersebut dialirkan menuju tangki penyimpanan (TP-002) sebagai produk. Hasil bawah menara distilasi 1 (MD-001) berupa campuran isopropil alkohol dan air serta sedikit aseton diumpankan ke unit pengolahan limbah.

Tempat penyimpanan untuk hasil bawah Menara Destilasi (MD-001) akan dialirkan pada unit pengolahan limbah akan diproses dengan metode aerasi yang selanjutnya akan dibuang ke sungai. Aliran yang masuk berasal hasil bawah Menara Destilasi (MD-001).

### 2.3.1 Tangki Penyimpanan Aseton (T-03)

Sebagai hasil akhir, keluaran hasil atas Menara Destilasi (MD-001) terdiri dari aseton 99% akan dikondensasi terlebih dahulu melalui Kondensor II (CD-002) menjadi suhu operasi 303,15 K dan selanjutnya dialirkan menuju Tangki Penyimpanan aseton (TP-002).

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

### 2.2.1 Bahan Baku

| | |
|---|---|
| Nama IUPAC | : Isopropil Alkohol |
| Rumus Molekul | : $(CH_3)_2CH_2O$ |
| Wujud | : Cair |
| Kenampakan | : Cairan Tidak berwarna/jernih |
| Kemurnian | : 87.4 % (Isopropyl Alcohol 87,4% and Water 12,6%) |

### 2.2.2 Bahan Pembantu

| | |
|---|---|
| Nama katalis | : *Zinc oxide* |
| Rumus Molekul | : ZnO |
| Wujud | : Padat |
| Kepadatan | : 81,406 g/mol |

### 2.2.3 Produk Utama

| | |
|---|---|
| Nama IUPAC | : Aseton |
| Kemurnian | : 99% |
| Wujud | : Jernih |
| Titik didih | : 56,29°C |

## 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas pada pabrik aseton dilakukan dengan tujuan untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Pengendalian kualitas harus dilakukan mulai dari bahan baku hingga produk. Selain pemantauan kualitas bahan baku, bahan penolong, produk setengah jadi dan produk jadi, pemantauan kualitas air yang digunakan juga penting untuk mendukung kualitas proses. Semua tindakan kontrol kualitas dapat dianalisis di laboratorium atau menggunakan perangkat kontrol. Pengendalian dan pemantauan alur operasi dilakukan dengan cara pengendalian terpusat di ruang kontrol, dengan cara pengendalian otomatis menggunakan indikator. Jika terjadi penyimpangan indikator dapat terlihat di ruang

kontrol karena indikator telah diatur atau disesuaikan, di antaranya nyala lampu dan bunyi alarm. Jika terjadi penyimpangan, maka kondisi tersebut harus diatur ulang ke kondisi semula atau diselesaikan secara manual atau otomatis.

Beberapa perangkat kontrol diimplementasikan untuk mengontrol kondisi operasi, baik tekanan maupun suhu. Jika pengendalian proses dilakukan pada suatu pekerjaan dengan harga tertentu untuk menghasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk tersebut memenuhi spesifikasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi diimplementasikan, perlu adanya pemantauan dan pengendalian proses agar proses berjalan dengan lancar.

### 2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan

Penyimpangan kualitas terjadi karena bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pesemeriksaaan. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik etil klorida ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku dan pengendalian kualitas produk. Pengendalian kualitas dalam sistem produksi terdiri dari tiga tahapan, yaitu :

a) Pengendalian kualitas bahan baku (input)

Pengendalian kualitas pada input dalam sistem produksi merupakan kualitas terhadap bahan baku yang digunakan dalam proses produksi. Penggunaan bahan baku merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses produksi, dan pada akhirnya berpengaruh juga terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Apabila setelah dianalisa bahan baku yang digunakan memiliki kualitas yang tidak sesuai dengan sifat fisik seperti tekanan, fase, kandungan zat pengotor, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada supplier. Pengendalian bahan baku juga dilakukan dengan menggunakan pressure controller dan temperature controller agar menjaga tekanan serta suhu bahan baku tetap terjaga pada tekanan tiap masing alat sebelum masuk reaktor.

b) Pengendalian pada kualitas proses produksi (*process*)

Kualitas proses produksi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kualitas hasil produk yang dihasilkan. Apabila dalam proses produksi terdapat kualitas yang kurang baik atau tidak memenuhi standar maka yang akan dihasilkan akan memiliki kualitas yang kurang baik juga, bahkan termasuk kategori produk cacat yang tidak dapat digunakan atau dipasarkan. Hal yang perlu dikendalikan adalah suhu reaksi dan tekanan di dalam reaktor menggunakan *controller*.

### 2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Memperoleh kualitas produk standar maka diperlukan pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada. Pengendalian dan pengawasan jalannya produksi dilakukan dengan data pengendalian yang berpusat di control room dilakukan dengan cara automatic dengan menggunakan beberapa controller. Apabila terjadi penyimpangan pada alat kontrol dari yang telah ditetapkan baik itu flow rate bahan baku atau produk, level control, maupun suhu operasi, maka secara otomatis controller akan mengambil tindakan untuk memperbaiki penyimpangan tersebut. Beberapa kontrol yang dijalankan yaitu :

1) Kontrol terhadap tinggi cairan dalam tangki (*level control*)
2) Kontrol terhadap aliran bahan baku dan produk (*flow rate*)
3) Kontrol terhadap kondisi operasi (*temperature control*)

Alat kontrol yang dipakai diset atau dikondisikan pada kondisi tertentu antara lain :

a) Level Control

Merupakan alat yang ditempatkan pada bagian atas tangki, jika belum memenuhi atau melebihi batas yang diinginkan maka akan timbul isyarat yang berupa suara dan nyala lampu kemudian controller akan mengambil tindakan memperbesar aliran keluar tangki jika cairan melebihi batas, dan sebaliknya.

b) *Flow Rate Control*

Jika terjadi penyimpangan pada set aliran bahan baku, maka akan timbul isyarat yang berupa suara dan nyala lampu kemudian controller akan mengambil tindakan

memperbesar aliran bahan baku atau memperkecil aliran bahan baku sampai aliran bahan baku sudah memenuhi syarat.

c) Temperature Control

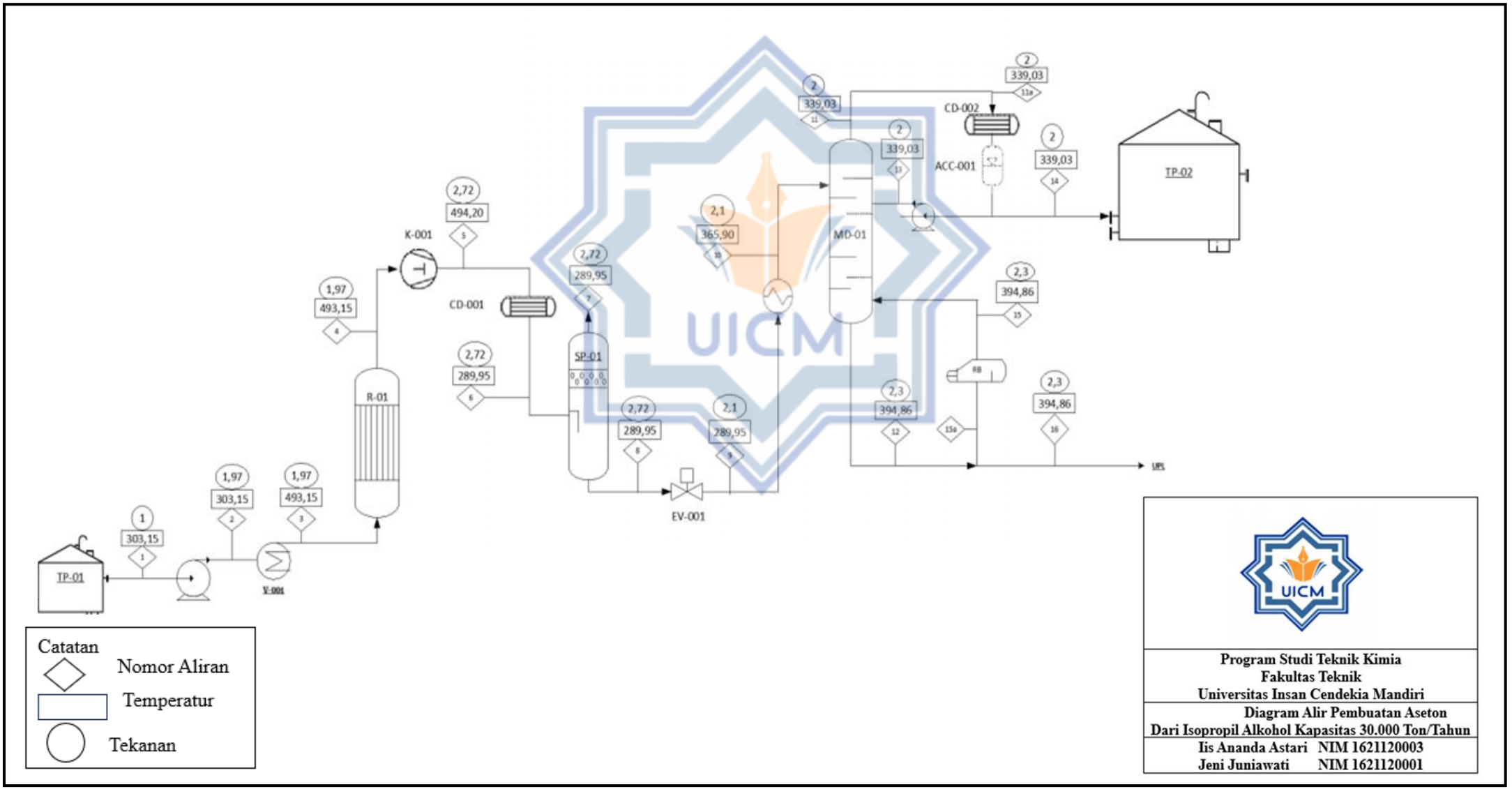
Jika terjadi penyimpangan pada set suhu yang telah ditetapkan, maka akan timbul isyarat yang berupa suara dan nyala lampu kemudian controller akan mengambil tindakan memperbesar aliran steam jika suhu yang keluar dari alat belum memenuhi syarat, dan sebaliknya.

### 2.3.3 Pengendalian Waktu Produksi

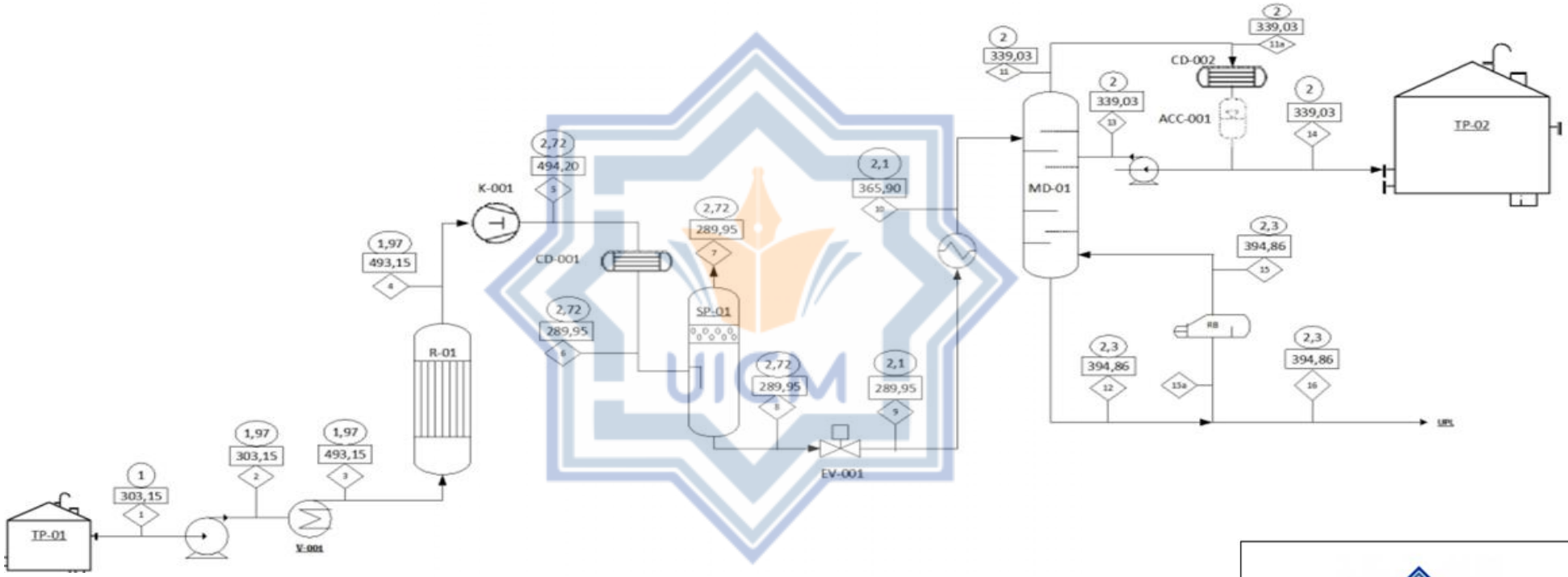
Pengendalian waktu dibutuhkan dari waktu tinggal dari tangki bahan hingga tangki produk agar waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung dapat diminimalkan.

## 2.4 Diagram Alir

### 2.4.1 Diagram Alir Kualitatif



### 2.4.2 Diagram Alir Kuantitatif




**Satuan : kg/jam**

| NOMOR ALIRAN | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Komponen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 11a | 12 | 13 | 14 | 15 | 15a | 16 |
| Hidrogen | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 137,28 | 137,28 | 137,28 | 137,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Aseton | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3947,10 | 3947,10 | 3947,10 | 197,39 | 3749,71 | 3749,71 | 3749,71 | 10503,61 | 10503,61 | 10503,63 | 6753,92 | 3749,69 | 10503,61 | 10503,61 | 0,03 |
| IPA | 4401,27 | 4401,27 | 4401,27 | 316,89 | 316,89 | 316,89 | 2,82 | 314,07 | 314,07 | 314,07 | 0,88 | 0,88 | 314,64 | 0,57 | 0,31 | 0,88 | 0,88 | 313,76 |
| Air | 634,51 | 634,51 | 634,51 | 634,51 | 634,51 | 634,51 | 2,99 | 631,52 | 631,52 | 631,52 | 0,00 | 0,00 | 631,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 631,52 |
| Total | 5035,78 | 5035,78 | 5035,78 | 5035,78 | 5035,78 | 5035,78 | 340,48 | 4695,30 | 4695,30 | 4695,30 | 10504,49 | 10504,49 | 11449,78 | 6754,49 | 3750,00 | 10504,49 | 10504,49 | 945,30 |

Catatan
Nomor Aliran
Temperatur
Tekanan

Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik
Universitas Insan Cendekia Mandiri

Diagram Alir Pembuatan Aseton
Dari Isopropil Alkohol Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

Iis Ananda Astari NIM 1621120003
Jeni Juniawati NIM 1621120001