



**PERANCANGAN REAKTOR PADA PABRIK ETIL
ASETAT DENGAN PROSES ESTERIFIKASI
MENGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT
KAPASITAS 90.000 TON/TAHUN**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia

Oleh

Desi Sulistyowati (5213415016)

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Desi Sulistyowati
NIM : 5213415016
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Perancangan Reaktor pada Pabrik Etil Asetat dengan
Proses Esterifikasi Menggunakan Katalis Asam Sulfat
Kapasitas 90.000 Ton/ Tahun

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 29 Juli 2019

Pembimbing



Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.

NIP. 197103161999032002

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Perancangan Reaktor pada Pabrik Etil Asetat dengan Proses Esterifikasi Menggunakan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 90.000 Ton / Tahun" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 6 Agustus 2019.

Oleh

Nama : Desi Sulistyowati
NIM : 5213415016
Program Studi : Teknik Kimia

Panitia

Ketua

Sekretaris



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Penguji 2

Penguji 1

Pembimbing



Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 198711112015041003



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001



Dr. Dewi Selvia F, S.T., M.T.
NIP. 197103161999032002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Nir Qidus, M.T., IPM.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini

Semarang, 29 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Desi Sulistyowati

NIM. 5213415016

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Barang siapa yang keluar rumah untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah hingga ia pulang (Hadis Riwayat Tirmidzi)

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT.
2. Kedua Orang Tua.
3. Dosen-dosenku.
4. Kawan-kawanku
5. Almamaterku.

ABSTRAK

PERANCANGAN REAKTOR PADA PABRIK ETIL ASETAT DENGAN PROSES ESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 90.000 TON / TAHUN

Desi Sulistyowati

Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

Dosen Pembimbing : Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.

Sektor industri kimia di Indonesia terus mengalami perkembangan seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal ini mengakibatkan permintaan bahan baku untuk industri kimia semakin meningkat, sehingga produksi dalam negeri tidak mampu mencukupi kebutuhan tersebut dan Indonesia harus melakukan impor bahan baku. Salah satu bahan baku yang diimpor yaitu etil asetat. Produksi etil asetat dengan proses esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan asam asetat dan etanol dalam reaktor tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan jaket pendingin. Reaktor yang digunakan berjumlah dua yang disusun seri. Kondisi operasi pada reaktor 1 yaitu suhu 80°C dan tekanan 1 atm dan konversi reaksi 45,48%. Kondisi operasi pada reaktor 2 yaitu suhu 80°C dan tekanan 1 atm dan konversi reaksi 39,47%. Reaktor yang digunakan merupakan reaktor identik dengan volume dan waktu tinggal yang sama. Hasil perancangan reaktor pada pabrik etil asetat dengan proses esterifikasi yakni bahan yang digunakan *Carbon Steel SA-204 Grade A*, tinggi 9,1 ft, diameter 4,98 ft, jenis pengaduk yang digunakan *Propeller dengan 3 blade pitch* dengan power 1 HP.

Kata kunci : Industri, Etil asetat, Reaktor

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan Judul **“Perancangan Reaktor pada Pabrik Etil Asetat dengan Proses Esterifikasi Menggunakan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 90.000 Ton/ Tahun”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata I Jurusan Teknik Kimia pada Universitas Negeri Semarang.

Penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan orang-orang disekitar kami, sehingga kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr.Nur Qudus, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas arahan dan motivasi yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
4. Dr. Megawati, S.T., M.T. dan Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan koreksi dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
5. Orangtua dan saudara/saudari, beserta keluarga lainnya yang telah memberi dukungan baik moril dan materil, serta doa yang tulus.
6. Segenap kawan seperjuangan Teknik Kimia UNNES angkatan 2015.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mengharapkan saran untuk menyempurnakannya. Penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca yang membutuhkan informasi mengenai masalah yang dibahas dalam Skripsi ini, khususnya terkait bidang Teknik Kimia.

Semarang, 29 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Etil Asetat	6
2.2 Reaksi Esterifikasi	7
2.3 Reaktor.....	9
2.3.1 CSTR Berukuran Sama Rangkaian Seri	11
2.3.2 Waktu Tinggal	12
2.3.3 Pola Aliran	12
BAB III	14
METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	14
3.2 Alat dan Bahan	14

3.3 Prosedur Kerja	14
3.4 Diagram Alir Penelitian	16
BAB IV	17
PEMBAHASAN	17
4.1 Perancangan Reaktor (R-01)	17
4.2 Perhitungan Dimensi Reaktor	19
BAB V	39
PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Impor Etil asetat di Indonesia.....	2
Tabel 2.1 Sifat Fisika Etil Asetat	7
Tabel 4.1 Konstanta Densitas	17
Tabel 4.2 Konstanta Viskositas.....	18
Tabel 4.3 Data Panas Pembentukan.....	18
Tabel 4.4 Bahan Baku Masuk Reaktor	20
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Densitas Campuran Komponen.....	20
Tabel 4.6 Kosentrasi A pada Konversi Tertentu.....	22
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Optimasi Reaktor	24
Tabel 4.8 Data Perhitungan Optimasi Reaktor	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Reaktor Ideal Reaktor Tangki Berpengaduk Aliran Kontinyu	10
Gambar 2.2 Penurunan Konsentrasi Melalui Tanki CSTR Sejumlah N Dibandingkan dengan Raktor Tunggal.	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Reaktor	16
Gambar 4.1 Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R-01)	17
Gambar 4.2 Perhitungan Reaktor	22
Gambar 4.3 Sketsa <i>Head</i> Reaktor	30
Gambar 4.4 Sketsa <i>Pengaduk pada</i> Reaktor.....	32
Gambar 4.5 <i>Geometric Proportions for a Standard Agitation System</i>	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri kimia di Indonesia terus berkembang seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sementara itu produksi bahan baku dalam negeri tidak mampu mencukupi kebutuhan industri sehingga Indonesia harus melakukan impor bahan baku. Kebutuhan bahan baku petrokimia dalam negeri mencapai 5,6 juta ton per tahun, sedangkan produksi dalam negeri hanya dapat memenuhi hingga 2,45 juta ton per tahun (Chandra, 2018). Sebanyak 3,15 juta ton per tahun dari total kebutuhan bahan baku industri petrokimia dalam negeri belum dapat terpenuhi dan masih berstatus impor.

Etil asetat merupakan salah satu bahan baku yang diimpor seperti ditunjukkan pada tabel 1.1. Etil asetat adalah salah satu jenis pelarut yang memiliki rumus molekul $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$. Etil Asetat digunakan sebagai bahan baku pada industri cat, tinner, tinta cetak, polimer cair dalam industri kertas, industri farmasi, bahan tambahan makanan, dan analisis laboratorium (National Center for Biotechnology Information, 2018).

PT Indo Acidatama adalah satu - satunya produsen etil asetat di Indonesia hingga tahun 2018, dengan kapasitas produksi 7.920 ton/tahun (Annual Report Indo Acidatama Tbk). Adapun pabrik etil asetat yang pernah beroperasi di Indonesia yaitu PT Showa Esterindo Indonesia, anak perusahaan Showa Denko dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun, tetapi pada tahun 2014 perusahaan tersebut menutup operasinya karena permasalahan kenaikan harga bahan baku yang

kemudian mengakibatkan harga produk tidak dapat bersaing di pasaran (Amri, 2014). Penutupan salah satu pabrik etil asetat tersebut mengakibatkan pemenuhan permintaan dalam negeri semakin meurun, sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut etil asetat masih mengimpor. Pabrik etil asetat perlu didirikan di Indonesia sebagai upaya mengurangi ketergantungan impor dan memenuhi kebutuhan industri dalam negeri.

Tabel 1.1. Data Impor Etil asetat di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2010	10.054,766
2011	17.171,801
2012	34.079,649
2013	32.310,413
2014	28.500,774
2015	71.649,697
2016	80.433,627
2017	87.390,503

(Badan Pusat Statistik, 2018)

Etil asetat dapat diproduksi dengan beberapa proses, antara lain : a.) Tischenko, dengan bahan baku asetaldehida dengan katalis aluminium etoksida, reaksi berlangsung pada suhu 20-40°C, terjadi pada fase gas, dengan konversi 66% (United States Patent No. 3,714,236, 1973) ; b.) Dehidrogenasi etanol dengan katalis tembaga, reaksi berlangsung pada suhu 220-240°C dan tekanan 20 bar, terjadi pada fase gas, dengan konversi 65% (Carotenuto et al, 2011) ; c.) Etil asetat dari etilen dan asam asetat dengan katalis *tungstophosphoric acid*, reaksi terjadi pada suhu 100 – 300 °C, tekanan 10 atm, pada fase gas, konversi yang dihasilkan

43,6% (Japan Patent No. 5,241,106, 1993); d.) *Reactive Distillation* dengan bahan baku etanol dan katalis tembaga, reaksi terjadi pada suhu 211 °C, tekanan 20 bar, fase gas, konversi yang dihasilkan minimal 10% (United States Patent No. 0178962 A1, 2012); e.) Esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat, dengan bahan baku etanol dan asam asetat, proses esterifikasi berlangsung pada suhu 70 – 145 °C pada tekanan 1 – 3 atm, reaksi terjadi pada fase cair dengan konversi mencapai 67% (United States Patent No. US 6,768,021 B2, 2004). Berdasarkan deskripsi proses tersebut, pada perancangan ini dipilih proses esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat karena memiliki keuntungan sebagai berikut : a.) Bahan baku mudah diperoleh; b.) Proses lebih mudah dan sederhana dibandingkan dengan proses yang lain; c.) Kondisi operasi tidak terlalu ekstrim; d.) Konversi yang dihasilkan tinggi.

Konversi bahan baku menjadi produk merupakan proses utama dalam industri kimia, proses tersebut berlangsung dalam reaktor. Berdasarkan konfigurasi fisik yang umum dalam praktik industri, ada dua tipe dasar reaktor : *tank* dan *tube*. Perancangan reaktor didasarkan pada reaksi yang terjadi dengan memperhatikan konservasi energi dan materi (Jr & Root, 2014). Penentuan tipe dan kondisi operasi reaktor mempengaruhi konsumsi energi yang dibutuhkan, sehingga dalam penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut perancangan reaktor sehingga didapatkan efisiensi alat maksimum.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Etil asetat merupakan bahan baku kimia penting, tetapi produksi di Indonesia belum mampu mencukupi kebutuhan dan untuk memenuhi kebutuhan etil asetat masih impor.
2. Reaktor merupakan alat utama pada industri kimia, sebagai tempat terjadinya konversi bahan baku menjadi produk.
3. Pemilihan tipe dan kondisi operasi reaktor mempengaruhi konsumsi dan efisiensi energi yang dibutuhkan.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar permasalahan tidak meluas dan dapat dibahas secara mendalam pada penelitian ini, meliputi:

1. Etil asetat merupakan produk hasil reaksi esterifikasi asam asetat dan etanol.
2. Reaktor merupakan alat sebagai tempat terjadinya konversi bahan baku menjadi produk.
3. Reaktor alir tangki berpengaduk adalah alat yang akan dirancang untuk penelitian ini.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dikemukakan rumusan masalah yang tepat sebagai berikut:

1. Bagaimana proses perancangan reaktor untuk mereaksikan asam asetat dan etanol menjadi etil asetat ?
2. Bagaimana hasil perancangan reaktor alir tangki berpengaduk pada produksi etil asetat ?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses perancangan reaktor untuk mereaksikan asam asetat dan etanol menjadi etil asetat.
2. Mengetahui hasil perancangan reaktor alir tangki berpengaduk pada produksi etil asetat.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Bagi lingkungan dan masyarakat

Memberi kontribusi dan wawasan di bidang perancangan alat reaktor untuk mereaksikan bahan baku menjadi produk dalam industri kimia.

2. Bagi IPTEK

Memberikan informasi bahwa reaktor alir tangki berpengaduk efisien digunakan dalam proses konversi bahan baku asam asetat dan etanol menjadi produk etil asetat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Etil Asetat

Etil asetat adalah senyawa organik dengan rumus empiris $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$. Senyawa ini merupakan ester dari ethanol dan asam asetat. Senyawa ini berwujud cairan tak berwarna, memiliki aroma khas. Etil asetat adalah pelarut polar menengah yang volatil (mudah menguap), tidak beracun, dan tidak higroskopis. Etil asetat dibuat melalui reaksi esterifikasi Fischer dari asam asetat dan etanol. Reaksi esterifikasi Fischer adalah reaksi pembentukan ester dengan cara mereaksikan asam karboksilat bersama etanol dengan katalis asam. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi reversible yang sangat lambat, tetapi bila menggunakan katalis, kesetimbangan reaksi akan tercapai lebih cepat. Asam yang dapat digunakan sebagai katalis adalah asam sulfat, asam klorida, dan asam fosfat. Dari reaksi asam asetat dan etanol inilah akan menghasilkan etil asetat (Kirk-Othmer 4th edition, 1994).

Etil asetat merupakan produk hasil dari proses esterifikasi antara etanol dengan asam asetat serta katalis asam sulfat memiliki wujud cair dan tidak berwarna. Kegunaan etil asetat adalah sebagai solven dalam proses ekstraksi, bidang farmasi, dan bidang makanan (P. Dutia, 2004 dalam konakom, 2010). Selain itu dapat diaplikasikan sebagai bahan utama dan tambahan seperti berikut:

- a. Sebagai bahan pelarut cat dan bahan baku pembuatan plastik
- b. Bahan baku industri tinta cetak dan industri resin sintetis
- c. Sebagai *reagen* sintetik organik misalkan pada pembuatan etil asetoasetat

d. Bahan baku pabrik parfum, *flavour*, kosmetik dan minyak atsiri

(Faith and Keyes, 1957)

Etil asetat bersifat volatil, relatif tidak toksik dan tidak higroskopis. Sifat fisika dari etil asetat dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini:

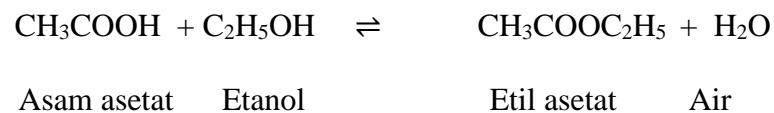
Tabel 2.1 Sifat Fisika Etil Asetat

Sifat Fisika	Keterangan
Berat molekul	88,11 gram/mol
Wujud	Cair
Densitas	0,89 gram/cm ³
Titik Leleh	-82,4°C
Titik didih	77,1°C
Titik nyala	-4°C

(Perry's 8th edition, 2008)

2.2 Reaksi Esterifikasi

Pembuatan etil asetat menggunakan proses esterifikasi dengan bahan baku utama yaitu asam asetat dan etanol pada fase cair. Bahan penunjang yang digunakan pada proses pembuatan etil asetat yaitu katalis asam. Reaksi pembuatannya sebagai berikut:



(Kirk-Othmer 4th edition, 1994)

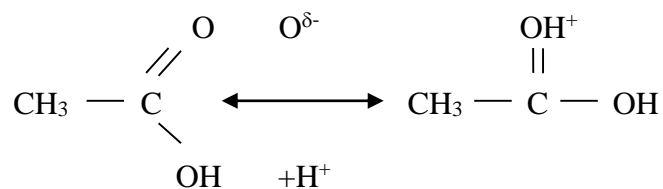
Proses pembentukan etil asetat terjadi dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi yang terjadi yaitu reaksi *reversible* (bolak – balik) sehingga apabila produk dari suatu sistem diambil maka kesetimbangan akan bergeser ke arah produk yang diambil. Perbandingan

mol yang digunakan etanol dan asam asetat yaitu 2:1. Katalis yang digunakan dalam esterifikasi adalah asam sulfat, jika kontrol katalis dilakukan dengan baik akan meningkatkan konsentrasi yang tepat untuk suhu dapat menyebabkan dehidrasi alkohol menjadi eter dan olefin (Kirbaslar, 1997).

Mekanisme reaksi proses esterifikasi adalah sebagai berikut:

- a. Penambahan proton untuk menambah gugus karbonil.

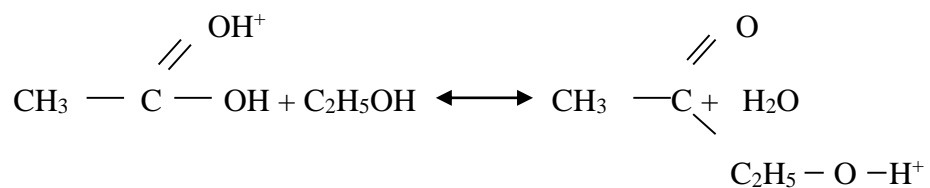
Reaksi:



Proton dari asam mineral diikat oleh elektron bebas (tak berpasangan) dari suatu atom O dalam gugus OH dari asam organik dan membentuk ion Oxonium.

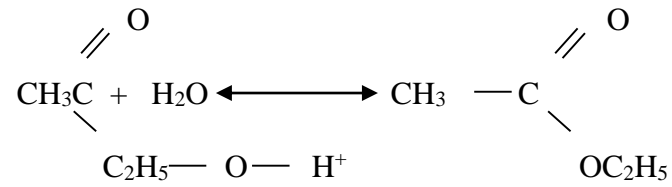
- b. Penyerangan gugus nukleofilik melalui alkohol sebagai pembentuk formasi keadaan transisi.

Reaksi:



Ion hydronium dari alkohol membentuk gugus H₂O dan gugus R⁺O dari alkohol yang mana akan menggantikan ion oxonium.

c. Pergeseran Proton untuk pembentukan H₂O



Hasil reaksi pada tahap b yang melepas ion H⁺ dan akan menghasilkan gugus ester.

(Groggins, 1958)

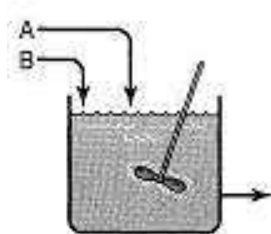
2.3 Reaktor

Reaktor adalah suatu alat yang berperan sebagai tempat terjadinya suatu reaksi, baik itu reaksi kimia atau reaksi nuklir dan bukan terjadi secara fisika. Terjadinya reaksi ini, membuat suatu bahan berubah ke bentuk lainnya, perubahannya ada yang terjadi secara sendirinya atau bisa juga dengan bantuan energi seperti panas.

Berdasarkan tipe nya reaktor dibedakan menjadi bentuk *tank* dan *tube*, sedangkan berdasarkan pengoperasiannya terdiri dari *batch* dan kontinyu. Reaktor tangki berpengaduk aliran kontinyu atau CSTR terdiri dari tangki yang dilengkapi dengan motor pengaduk. Beberapa reaktor dapat dipasang secara seri maupun paralel. Reaktor stirred tank digunakan untuk reaksi homogen (liquid-liquid), reaksi heterogen (liquid-gas) dan reaksi yang melibatkan padatan tersuspensi yang dibantu dengan adanya pengadukan. Kebanyakan aplikasi dari tangki berpengaduk digunakan pada operasi kontinyu. Pengadukan sempurna penting agar dapat meningkatkan kinerja sebagai reaktor.

Dalam CSTR, aliran reaktan dan aliran produk akan terus mengalir. Selama proses bahan baku dimasukkan terus menerus demikian juga dengan produk reaksi akan dikeluarkan secara terus menerus atau kontinyu. Dalam pengoperasian CSTR diperlukan pengadukan mekanik atau hidrolis untuk mencapai komposisi dan suhu yang seragam. Deskripsi reaktor ideal untuk reaktor tangki berpengaduk akan dicapai dengan kondisi pengaduk menghasilkan campuran reaksi teraduk secara sempurna atau well mixing. Pengadukan sempurna diperlukan untuk memberikan tingkat homogenitas yang tinggi sehingga komposisi dan temperatur di seluruh titik seragam, dengan asumsi tidak ada perubahan densitas (perubahan densitas diabaikan) karena tidak ada perubahan volume.

Komposisi campuran yang meninggalkan CSTR adalah sama dengan yang berada dalam reaktor dan driving force dari reaksi adalah konsentrasi dari reaktan karena konsentrasi reaktan berubah dengan waktu yaitu semakin berkurang. Untuk mendapatkan konversi yang diinginkan dibutuhkan CSTR dengan volume yang besar. Ketika konversi tinggi diperlukan, beberapa CSTR dapat dirangkai secara seri.

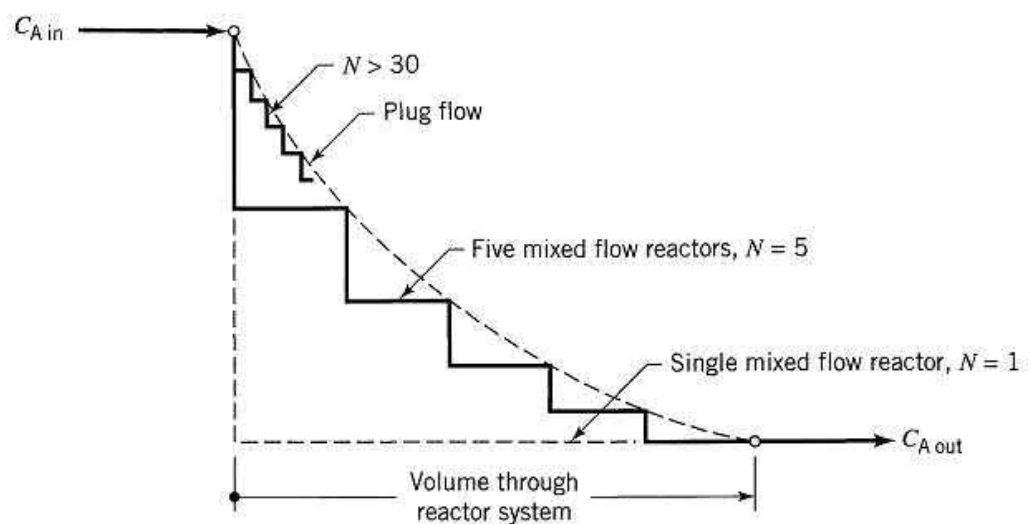


Gambar 2.1 Tipe Reaktor Ideal Reaktor Tangki Berpengaduk Aliran Kontinyu (Levenspiel, 1999).

Komposisi sama di seluruh titik dalam reaktor baik itu di dalam reaktor dan produk hasil reaksi serta aliran keluaran produk hasil reaksi memiliki komposisi yang sama dengan komposisi campuran reaksi di dalam reaktor (Levenspiel, 1999).

2.3.1 CSTR Berukuran Sama Rangkaian Seri

CSTR dapat dioperasikan dalam bentuk tunggal yang terdiri dari satu tangki dan dalam bentuk rangkaian dengan beberapa tangki yang disusun seri atau paralel. CSTR berukuran sama dipasang seri memiliki kondisi ideal yaitu konsentrasi seragam di masing-masing reaktor akan tetapi terjadi penurunan konsentrasi secara bertahap akibat dari terjadinya reaksi di dalam reaktor. Gambar 2.2 menunjukkan semakin banyak jumlah unit yang dipasang seri maka semakin mendekati perilaku dari PFR. Semakin besar jumlah tahap CSTR akan semakin mendekati kinerja PFR (Levenspiel,1999).



Gambar 2.2 Penurunan Konsentrasi Melalui Tanki CSTR Sejumlah N Dibandingkan dengan Raktor Tunggal (Levenspiel,1999).

Semakin banyak jumlah tangki yang dipasang seri maka karakteristik CSTR semakin mendekati perilaku reaktor plug flow (Levenspiel, 1999) dan dapat dilihat perbandingan kinerja CSTR seri berukuran sama dengan PFR untuk reaksi orde dua pada Gambar 2.2. Perilaku CSTR rangkaian seri yang mendekati PFR menjadi salah satu karakteristik dari reaktor yang dapat diamati.

2.3.2 Waktu Tinggal

Waktu tinggal adalah waktu yang dibutuhkan untuk memproses suatu volume reaktor menggunakan laju alir volumetrik pada kondisi tertentu. Waktu tinggal digunakan sebagai pengukur kinerja yang layak dari aliran reaktor. Kondisi reaktor seperti temperatur, tekanan, dan fasa (gas, cairan, atau padatan) mempengaruhi nilai laju alir sehingga disarankan dilakukan pengukuran laju alir pada kondisi standar. Persamaan (2.1) digunakan untuk menghitung nilai space time (Levenspiel, 1999).

$$\tau = \frac{V}{Q} \dots \dots \dots (2.1)$$

2.3.3 Pola Aliran

Pola aliran adalah cara cairan bergerak melalui sebuah reaktor. Pola aliran dibagi dalam 3 rejim yaitu laminar, transisi dan turbulen. Rejim aliran turbulen membuat homogenasi dalam reaktor berlangsung dengan baik dan homogenasi sendiri dipengaruhi oleh pengadukan. Pengadukan merupakan operasi yang membuat fluida mengalir tersirkulasi secara mekanik dalam berbagai bentuk pola aliran. Pengadukan sangat berkaitan dengan pencampuran-pencampuran membuat satu atau lebih fasa secara acak terdistribusi merata satu terhadap yang lainnya.

Pengadukan bertujuan mengurangi ketidakseragaman kondisi seperti suhu, konsentrasi, viskositas di dalam tangki. Tingkat pencampuran dalam CSTR merupakan faktor yang sangat penting. Pencampuran dikatakan ideal jika komposisi campuran reaksi seragam di seluruh volume reaktor. Reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk yang menggunakan motor pemutar maka untuk mencari besar kecepatan putar yang menghasilkan rejim turbulen dibutuhkan grafik antara NP terhadap nilai NRe (Geankoplis, 1993). Bilangan Reynold dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$NRe = \frac{Da^2 N \rho_{camp}}{\mu_{camp}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Np = \frac{P}{\rho_{camp} \cdot Na^3 Da^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Penentuan kecepatan pengaduk diperlukan untuk memastikan proses pengadukan dalam tangki mengalami rejim turbulen. Selain itu pola aliran dalam pengadukan di tangki bergantung pada sifat fluida, geometri tangki dan tipe baffle yang dipasang serta tipe pengaduk itu sendiri. Geankoplis (1993) menyatakan jika propeller atau tipe pengaduk lain dipasang secara vertikal di tengah tangki tanpa baffle, pola aliran swirling akan terjadi. Untuk pengadukan kuat menggunakan pengaduk vertikal, baffle digunakan untuk mengurangi swirling dan membantu pencampuran menjadi lebih baik.

Baffle dipasang secara vertikal pada dinding. Pada umumnya pemasangan 4 buah baffle sudah mencukupi, dengan lebar baffle sebesar 1/12 diameter tangki untuk turbin atau propeller.

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian tentang *reactor design* pada pra rancangan pabrik etil asetat dengan proses esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat dilakukan dalam rangka penyusunan skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Gedung E1 Fakultas Teknik dan Perpustakaan Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang dengan waktu pelaksanaan pada semester genap 2018/2019.

3.2 Alat dan Bahan

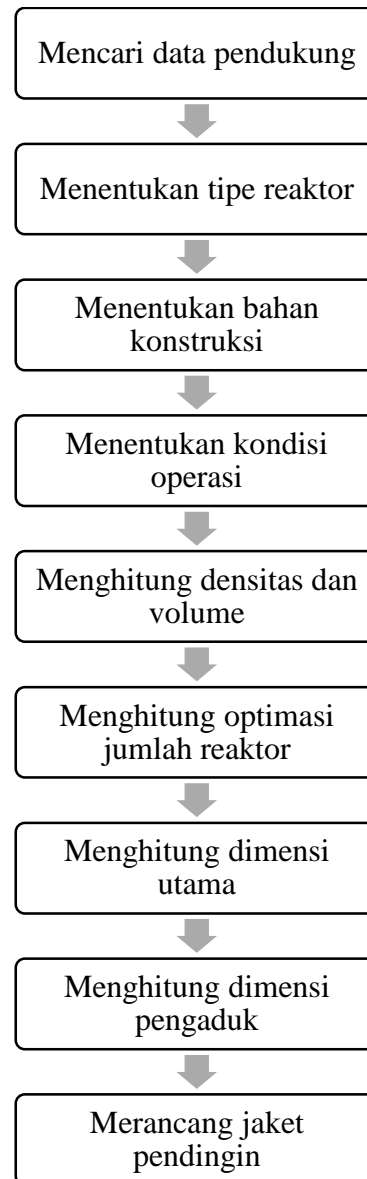
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop dan juga buku-buku penunjang perancangan reaktor pada pra rancangan pabrik etil asetat.

3.3 Prosedur Kerja

- a. Mencari data-data pendukung yang diperlukan untuk menghitung spesifikasi reaktor berupa densitas, viskositas, panas pembentukan, dan konstanta laju reaksi.
- b. Menentukan tipe reaktor, yakni reaktor alir tangki berpengaduk (*Continuous Stirred Tank Reactor*) dilegkapi dengan jaket pendingin, karena reaksi berlangsung pada fase cair, bersifat eksotermis, kondisi operasi *isothermal*, dan berjalan kontinyu.
- c. Menentukan bahan konstruksi reaktor, dipilih bahan kontruksi *Carbon Steel SA-204 Grade A*, dengan pertimbangan : mempunyai *allowable stress* yang besar, struktur kuat, harga relatif murah, bahan tidak korosif.

- d. Menentukan kondisi operasi reaktor, yakni reaksi berlangsung pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm, dan berjalan secara isothermal.
- e. Menghitung densitas dan volume reaktor.
- f. Menghitung optimasi jumlah reaktor yang diperlukan.
- g. Menghitung dimensi utama reaktor meliputi : diameter, tebal *shell*, tebal *head*, tinggi *head*, dan tinggi total.
- h. Menghitung dimensi pengaduk meliputi : tipe pengaduk, kecepatan putaran, dan power yang dibutuhkan.
- i. Merancang tebal jaket pendingin reaktor.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Reaktor

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Hasil perancangan reaktor menghasilkan diameter 5,01 ft dan tinggi 9,1 ft.
2. Waktu tinggal reaktor berdasarkan hasil perancangan yaitu 5 menit.
3. Impeller yang digunakan sebagai pengaduk adalah tipe *Propeller* dengan *3 blade pitch* dengan daya 1 HP.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan variasi *trial & error* perhitungan jumlah reaktor untuk memperoleh konversi yang diinginkan.
2. Perlu dipelajari lebih lanjut mekanisme perpindahan panas pada jaket pendingin

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A. B. (2014, Oktober 3). *Showa Denko Tutup Pabrik Indonesia*. Indonesia: Kontan Daily.
- Annual Report Indo Acidatama Tbk. 2016. www.acidatama.co.id. Diakses pada 25 November 2018.
- Atalay, F.S. 1994. *Kinetic of the Esterification Reaction Between Ethanol and Acetic Acid*. Ege University. Turkey.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Data Ekspor – Impor Etil Asetat di Indonesia*. www.bps.go.id. diakses tanggal 15 November 2018 Pukul 13.00 WIB.
- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Carotenuto, G., Tesser, R., Serio, M. D., & Santacesaria, E. (2011). *Ethanol Dehydrogenation Reaction to Ethyl Acetate on Copper/ Copper Chromite Catalysts*. PhD-Chem Day.
- Chandra, A.A. 2018. *Hampir 50% Bahan Baku Industri Petrokimia Masih Impor*. Jakarta : Detik Finance.
- Faith, W.L., Keyes D.B., and Clark R.L. 1957. *Industrial Chemical*, John Wiley and Son Inc. London.
- Gadewar, S. B. 2012. *United States Patent No. 0178962 A1*.
- Geankoplis, Christine J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed. Prentice-Hall International, Inc. USA.
- Groggins, P. H., 1958. *Unit Processes in Organic Synthesis*. 5th ed., pp. 703-757. Hill Book Company, New York.
- Horan, K., Murphy, C. D., Stephens, R., Warner, R., & Windhorst, K. 2004. *United States Patent No. US 6,768,021 B2*.
- Howard N Wright, J., & Hugh J Hagemeyer, J. 1973. *United States Patent No. 3,714,23*.
- Inoue, K., Iwasaki, M., & Matsui, K. (1993). *Japan Patent No. 5,241,106*.
- Jr, C. G., & Root, T. (2014). *Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Kirbaslar, as. Ismail., Erol Ince and Umur Dramur. 1997. *Production of Ethyl Acetate by an Esterification Process*. Journal of Chimica Acta Turcica. Vol. 25. Hal: 37-41.

- Kirk, R.E. & Othmer, D.F. 1994. *Encyclopedia Of Chemical Technology 4th edition*. Vol. 1, 9, 2 and 25. Internasional Publisher Inc. New York.
- Konakom, Kwantip., Aritsara Saengchan, Paisan Kittisupakorn and Iqbal M. Mujtaba. 2010. *High Purity Ethyl Acetate Production with a Batch Reactive Distillation Column using Dynamic Optimization Strategy*. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science Vol. II. Page: 20 – 22. San Fransisco USA.
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering*. John Wiley & Sons.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID = 8857, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8857> (accessed Nov. 15, 2018).
- Perry, R.H and Green D.W. 2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook 8th edition Physical and Chemical Data*. Vol. 2. New York: Mc. Geaw Hill Book. Co.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemichal Properties Handbook*, p. 1-29, 185-211, 288-313, McGraw Hill Company, Inc., New York.