



**SPESIFIKASI ALAT DISTILASI REAKTIF PADA PRA-RANCANGAN  
PABRIK BUTIL ASETAT DENGAN PROSES *REACTIVE DISTILLATION*  
KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN  
SKRIPSI  
diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia**

**Oleh  
Febrian Jefri Afrizal  
NIM. 5213415014**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
SEMARANG  
2019**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Febrian Jefri Afrizal  
NIM : 5213415014  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Prarancangan Pabrik n-Butil Asetat Dengan Proses *Reactive Distillation* Kapasitas 18.000 Ton/Tahun

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

Semarang, 12 Agustus 2019  
Pembimbing



Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.  
NIP. 197309082006042001

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Spesifikasi Alat *Reactive Distillation* Pada Prarancangan Pabrik n-Butil Asetat Dengan Proses *Reactive Distillation* Kapasitas 18.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 22 Agustus 2019.

Oleh

Nama : Febrian Jefri Afrizal

NIM : 5213415014

Program Studi : Teknik Kimia

Panitia

Ketua



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

NIP. 197405191999032001

Sekretaris



Dr. Megawati, S.T., M.T.

NIP. 197211062006042001

Penguji 2



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

NIP. 198711112015041003

Penguji I



Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.

NIP. 197310172000032001

Pembimbing



Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.

NIP. 197309082006042001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, 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, 12 Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Febrian Jefri Afrizal

NIM. 5213415014

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO :**

“Ilmu pengetahuan itu bukanlah yang dihafal, melainkan yang memberi manfaat”

– Imam Syafi’i

“Efforts and courage are not enough without purpose and direction”

– John F. Kennedy

“Keluh kesah adalah sampah”

### **PERSEMBAHAN**

1. Perkembangan ilmu dan teknologi Bangsa dan Negara Indonesia
2. Bapak, Ibu, Adik, Kakak dan seluruh keluarga besar tercinta
3. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang
4. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang Angkatan 2015
5. Almamater Universitas Negeri Semarang

## ABSTRAK

### **SPEKIFIKASI ALAT DISTILASI REAKTIF PADA PRA-RANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DENGAN PROSES *REACTIVE DISTILLATION* KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN**

Febrian Jefri Afrizal

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

[brian.afrizal@gmail.com](mailto:brian.afrizal@gmail.com)

Berkembangnya industri didorong oleh beberapa faktor, salah satunya adalah permintaan pasar yang tinggi baik di dalam maupun di luar negeri, sehingga meningkatkan pembangunan industri untuk memenuhi kebutuhan pasar tersebut (Kustanto, *et.al* 2012). Salah satu produk untuk industri petrokimia yang masih impor yaitu n-butil asetat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik impor n-butil asetat impornya mencapai 15.583,554 ton, dan di prediksi di tahun 2024 kebutuhan meningkat hingga 22.116,056 ton/tahun. Oleh karena itu perlu didirikan pabrik n-butil asetat didalam negeri. Prarancangan pabrik n-butil asetat ini dirancang dengan proses *reactive distillation*, dengan katalis *amberlyst-15*. Proses ini menggunakan bahan berupa reaktan asam asetat dan butanol dengan alat utama berupa *reactive distillation*, mixer, dan decanter. Penelitian prarancangan pabrik ini berfokus pada desain *reactive distillation*. Alat yang digunakan model *entirely reactive distillation with one feed point* dengan kondisi operasi tekanan 0,69 atm dan suhu masuk 70°C. Perancangan *reactive distillation* ini menggunakan metode *one feed point*. Hasil dari perhitungan didapatkan suhu *top* keluaran atas sebesar 81,24 °C, *bottom* sebesar 94 °C, diameter *stripping section* 2,063 meter, *reactive section* 1,596 meter, *enriching section* sebesar 1,286 meter serta tebal *shell* 0,1875 meter, tebal head 0,1875 m. *Reactive Distillation* menggunakan bahan *Carbon Steel SA 240 grade B* dengan jenis tutup *torispherical*.

**Kata Kunci :** *Reactive distillation, n-butil asetat, one feed point*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan Judul **“Spesifikasi Alat Distilasi Reaktif Pada Pra-Rancangan Pabrik Butil Asetat Dengan Proses *Reactive Distillation* Kapasitas 18.000 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.,IPM. 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. Astrilia Damayanti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas arahan dan motivasi yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
4. Dr. Widi Astuti, 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, 14 Agustus 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL .....                       | i    |
| LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....       | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....           | iii  |
| PERNYATAAN KEASLIAN .....                 | iv   |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....               | v    |
| ABSTRAK .....                             | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                      | vii  |
| DAFTAR ISI .....                          | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                       | x    |
| DAFTAR TABEL .....                        | x    |
| BAB I PENDAHULUAN .....                   | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                 | 3    |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....               | 3    |
| 1.4 Manfaat .....                         | 3    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....             | 4    |
| 2.1 n-Butil Asetat .....                  | 4    |
| 2.2 Proses Pembuatan n-Butil Asetat ..... | 5    |
| 2.3 <i>Reactive Distillation</i> .....    | 13   |
| 2.4 One feed point .....                  | 13   |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....       | 15   |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....         | 15   |



|   |    |
|---|----|
| 4.1 Menentukan Bahan Konstruksi.....                                  | 16 |
| 4.2 Menentukan densitas dan viskositas feed dari Heater.....          | 16 |
| 4.3 Menentukan Waktu Tinggal Umpan Pada Reactive Section.....         | 16 |
| 4.4 Menentukan Massa Katalis Yang Dibutuhkan .....                    | 19 |
| 4.5 Menentukan Umur Katalis .....                                     | 20 |
| 4.6 Menghitung Laju Reaksi .....                                      | 20 |
| 4.7 Menghitung Dimensi yang Dibutuhkan Untuk Berlangsungnya Reaksi .. | 21 |
| 4.8 Menentukan Relatif Volatility komponen .....                      | 25 |
| 4.9 Menghitung Jumlah Stage Pada Striping dan Enriching Section ..... | 25 |
| 4.10 <i>Feed Point Location</i> .....                                 | 28 |
| 4.11 Menghitung viskositas <i>top</i> dan <i>bottom</i> .....         | 28 |
| 4.12 Menghitung Efisiensi Kolom.....                                  | 29 |
| 4.13 Menentukan Beban Kondensor dan Beban Reboiler .....              | 30 |
| 4.14 Menentukan Densitas Pada Suhu Atas dan Suhu Bawah.....           | 42 |
| 4.15 Menentukan Tegangan Permukaan Top dan Bottom.....                | 45 |
| 4.16 Menhitung Diameter Kolom.....                                    | 46 |
| 4.17 Perancangan <i>tray</i> .....                                    | 41 |
| 4.18 Pengecekan <i>Weeping Rate</i> .....                             | 42 |
| 4.19 Perhitungan <i>Plate Pressure Drop</i> .....                     | 44 |
| 4.20 Menghitung Downcomer Liquid Backup .....                         | 46 |
| 4.21 Menghitung % <i>flooding</i> .....                               | 48 |
| 4.22 Menghitung <i>tray layout</i> .....                              | 48 |
| 4.23 Spesifikasi alat .....   | 50 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 4.24 Menghitung Ukurang Pipa..... | 52 |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....     | 59 |
| 5.1 Kesimpulan.....               | 59 |
| 5.2 Saran.....                    | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA.....               | 60 |

### DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.1 Algoritma Perhitungan Panjang <i>Reactive Section</i> .....  | 23 |
| Gambar 4.2 Desain <i>Torispherical Head Reactive Distillation</i> ..... | 51 |
| Gambar 4.3 Dimensi <i>Reactive Distillation</i> .....                   | 57 |

### DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Berbagai Proses Produksi n-Butil Asetat.....                              | 8  |
| Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Proses Produksi n-Butil Asetat<br>..... | 8  |
| Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Densitas Campuran .....                                 | 16 |
| Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Viskositas Campuran.....                                | 17 |
| Tabel 4.3 Distribusi laju reaksi terhadap panjang <i>reactive section</i> .....     | 24 |
| Tabel 4.4 <i>Relatif Volatility</i> Komponen .....                                  | 25 |
| Tabel 4.4 Viskositas Umpan Pada Suhu 180°C .....                                    | 18 |
| Tabel 4.5 Perhitungan Viskositas <i>Top Product</i> .....                           | 29 |
| Tabel 4.6 Perhitungan Viskositas <i>Bottom Product</i> .....                        | 29 |
| Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Energi <i>feed</i> .....                                | 30 |
| Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Energi <i>distilat</i> .....                            | 30 |
| Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Energi <i>liquid reflux</i> .....                       | 31 |

|   |    |
|---|----|
| Tabel 4.10 Hasil perhitungan energi vapor .....   | 31 |
| Tabel 4.11 Perhitungan Energi <i>Bottom</i> .....   | 32 |
| Tabel 4.12 Perhitungan Densitas Liquid Pada Suhu Atas.....  | 33 |
| Tabel 4.13 Perhitungan Densitas <i>Vapor</i> Pada Suhu Atas .....                                 | 33 |
| Tabel 4.14 Perhitungan Densitas <i>Liquid</i> Pada Suhu Bawah .....                               | 34 |
| Tabel 4.15 Perhitungan Densitas <i>Vapor</i> Pada Suhu Bawah.....                                 | 34 |
| Tabel 4.16 Data <i>surface tension coefficient</i> suhu kritis komponen .....                     | 35 |
| Tabel 4.17 Perhitungan Tegangan Permukaan <i>Top</i> .....  | 35 |
| Tabel 4.18 Perhitungan viskositas campuran dan densitas campuran pipa pemasukan .....             | 53 |
| Tabel 4.19 Perhitungan viskositas campuran dan densitas campuran pipa keluaran puncak kolom ..... | 54 |
| Tabel 4.20 Perhitungan viskositas campuran dan densitas campuran pipa cairan reflux .....         | 54 |
| Tabel 4.21 Perhitungan viskositas campuran dan densitas campuran pipa cairan <i>reflux</i> .....  | 55 |
| Tabel 4.22 Perhitungan viskositas campuran dan densitas campuran pipa cairan reflux .....         | 56 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia sebagai negara berkembang, saat ini berada pada suatu tahap yang penting dalam memasuki era globalisasi. Dalam melaksanakan tahap ini, pemerintah Indonesia melakukan pengembangan dalam berbagai bidang, termasuk di sektor industri. Salah satunya adalah dengan cara memenuhi kebutuhan bahan-bahan industri dalam negeri tanpa harus mengimpor bahan dari negara lain melalui pendirian pabrik-pabrik kimia. Berkembangnya industri didorong oleh beberapa faktor, salah satunya adalah permintaan pasar yang tinggi baik di dalam maupun di luar negeri, sehingga meningkatkan pembangunan industri untuk memenuhi kebutuhan pasar tersebut. (Kustanto, et.al 2012)

Seiring meningkatnya produksi industri di Indonesia tentunya juga diiringi dengan meningkatnya kebutuhan bahan baku . Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi dapat diperoleh dari dalam maupun luar negeri. Contoh bahan baku industri yang banyak diimpor dari luar negeri adalah n-butyl asetat ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{C}_4\text{H}_9$ ). Dari tahun ke tahun impor n-butyl asetat selalu meningkat. Pada tahun 2018 total impor n-butyl asetat mencapai 15.583,554 ton (Badan Pusat Statistik, 2018).

Butil asetat dalam industri digunakan untuk berbagai kepentingan, antara lain adalah sebagai solvent, karena dapat melarutkan resin-resin dan memberikan ketahanan terhadap lapisan pelindung. Butil asetat merupakan pelarut yang digunakan untuk proses pelapisan dan ekstraksi. Sebagai pelarut pada proses pelapisan, dapat digunakan untuk pelapisan selulosa nitrat, selulosa asetat butirat, etil selulosa, chlorinated rubber, polistirena, dan resin metakrilat. Sedangkan sebagai pelarut pada proses ekstraksi, digunakan untuk ekstraksi berbagai minyak dan obat-obatan. Selain sebagai pelarut, dapat digunakan sebagai bahan pembuatan parfum serta sebagai komponen pada aroma sintetis seperti aprikot, pisang, pir, nanas, delima, dan rashberry (Mc. Ketta, 1977)

Industri berbahan baku n-butil asetat memiliki potensial dalam perkembangannya, namun tidak sebanding karena industri dalam negeri yang memproduksi n-butil asetat baru sedikit tetapi kebutuhan setiap tahunnya akan terus meningkat seiring dengan pentingnya n-butil asetat yang dijadikan bahan baku suatu produk yang nantinya memiliki nilai yang tinggi. Melihat kondisi ini merupakan suatu peluang untuk dapat mendirikan pabrik n-butil asetat dengan kapasitas produksi memadai. Bahan utama pembuatan n-butil asetat adalah asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) yang didapatkan dari PT Indo Acidatama Solo dan n-butanol ( $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ ) yang diperoleh dari PT Oxo Nusantara Gresik.

Dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri serta dapat mendorong berdirinya pabrik lainnya sehingga dapat mengurangi ketergantungan akan bahan-bahan kimia dari negara lain. Selain itu dapat menciptakan lapangan kerja baru, membuka kesempatan kerja

dan pemerataan tenaga kerja sehingga meminimalisir resiko pengangguran, serta menumbuhkan industri potensial di Indonesia

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dapat dirumuskan dari latar belakang yang telah diuraikan yaitu:

1. Bagaimana langkah perancangan *reactive distillation* pada reaksi pembentukan n-butyl asetat kapasitas 18.000 ton/tahun?
2. Bagaimana langkah menerapkan metode *one feed point reactive distillation*?
3. Bagaimana hasil perancangan *reactive distillation* reaksi pembentukan n-butyl asetat kapasitas 18.000 ton/tahun menggunakan metode *one feed point*?

## 1.3 Tujuan

Secara khusus penelitian ini bertujuan, antara lain :

1. Mengetahui langkah perancangan *reactive distillation* pada reaksi pembentukan n-butyl asetat kapasitas 18.000 ton/tahun.
2. Mengetahui langkah menerapkan metode *one feed point reactive distillation*
3. Mengetahui hasil perancangan *reactive distillation* reaksi pembentukan n-butyl asetat kapasitas 18.000 ton/tahun menggunakan metode *one feed point*.

## 1.4 Manfaat

1. Memberikan pengetahuan mengenai langkah perancangan *reactive distillation* reaksi pembentukan n-butyl asetat kapasitas 18.000 ton/tahun yang optimum dalam skala besar.
2. Dapat mengaplikasikan penggunaan metode *one feed point* dalam menyelesaikan persamaan differential pada perancangan *reactive distillation*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 n-Butil Asetat

n-butyl asetat merupakan salah satu jenis dari ester, ester merupakan senyawa yang dapat disintesis dari asam karboksilat dan alkohol. Ester akan memberikan ciri khas berupa aroma yang harum. Dalam pembuatan n-butyl asetat asam karboksilat yang digunakan adalah asam asetat dan alkoholnya berupa butanol. n-butyl asetat digunakan dalam perasa makanan sintesis pada permen, es krim, keju, juga digunakan sebagai *high boiling solvent* pada senyawa yang memiliki polaritas sedang. Selain itu penggunaan utama lainnya adalah dalam proses pembuatan perekat dan pelapis atau cat. Dalam industri farmasi digunakan sebagai pelarut atau agen ekstraksi. (Mc Ketta, 1997)

n-butyl asetat diperoleh melalui reaksi esterifikasi antara butanol dan asam asetat dengan menggunakan katalis asam. Senyawa ini berfasa cair pada suhu ruangan memiliki titik didih 126 °C memiliki warna jernih serta memiliki kelarutan 0,7 g pada 100 g air. Adapun sifat fisik lainnya n-butyl asetat memiliki berat molekul 116,16 g/mol memiliki tekanan kritis dan temperatur kritis secara berturut-turut 3,11 Mpa dan 306 °C (Ulmann,2012).

## 2.2 Proses Pembuatan n-Butil Asetat

Secara garis besar proses pembuatan n-butyl asetat dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

### 1. *Batch Esterification*

Asam asetat beserta n-butanol diumpangkan ke dalam reaktor dengan suhu proses mencapai (175-220 °C). Ketika telah didapatkan suhu reaksi, asam sulfat sebagai katalisator dimasukkan untuk mempercepat reaksi pembentukan n-butyl asetat. Setelah proses reaksi pada reaktor, hasil dari reaksi tersebut seluruhnya diumpangkan ke dalam menara distilasi untuk memisahkan produk dengan katalis dan sisa reaktan. Hasil atas yang terkondensasi sebagai distilat akan masuk ke dekanter, sementara hasil bawah akan diumpangkan kembali untuk siklus selanjutnya. Distilat yang masuk ke dalam dekanter membentuk dua lapisan cair-cair. Cairan yang masih mengandung bahan organik dikembalikan ke dalam kolom destilasi sebagai refluks, sementara butyl asetat dan air ditransportasikan menuju flash column untuk separasi lanjut. Air yang terpisah kemudian diolah di penolahan limbah dan butyl asetat dialirkan ke tangki penyimpanan. Pada proses esterifikasi batch ini konversi produk dapat mencapai 95%, pada saat konversi mencapai 90 % laju reaksi akan melambat secara substansial dan memerlukan waktu setengah dari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konversi 90% agar konversi naik sebesar 4-5 % sehingga mencapai 95 %. (De Munck et.al, 2011) Asam asetat beserta n-butanol diumpangkan ke dalam reaktor dengan suhu proses mencapai (175-220° C). Ketika telah didapatkan suhu reaksi, asam sulfat sebagai katalisator dimasukkan untuk mempercepat reaksi



pembentukan n-butyl asetat. Setelah proses reaksi pada reaktor, hasil dari reaksi tersebut seluruhnya diumpangkan ke dalam menara distilasi untuk memisahkan produk dengan katalis dan sisa reaktan. Hasil atas yang terkondensasi sebagai distilat akan masuk ke dekanter, sementara hasil bawah akan diumpangkan kembali untuk siklus selanjutnya. Distilat yang masuk ke dalam dekanter membentuk dua lapisan cair-cair. Cairan yang masih mengandung bahan organik dikembalikan ke dalam kolom destilasi sebagai refluks, sementara butyl asetat dan air ditransportasikan menuju flash column untuk separasi lanjut. Air yang terpisah kemudian diolah di penolahan limbah dan butyl asetat dialirkan ke tangki penyimpanan. Pada proses esterifikasi batch ini konversi produk dapat mencapai 95%, pada saat konversi mencapai 90 % laju reaksi akan melambat secara substansial dan memerlukan waktu setengah dari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konversi 90% agar konversi naik sebesar 4-5 % sehingga mencapai 95 %. (De Munck *et.al*, 2011)

## 2. *Continous Esterification*

Pada proses pembuatan n-butyl asetat secara kontinyu ini n-butanol, asam asetat, dan Asam Sulfat sebagai katalis diumpangkan ke dalam reaktor kettle. Reaktor dipanaskan dalam suhu 115-120 °C. Setelah proses reaksi dalam reaktor, campuran diumpangkan ke menara distilasi dengan tekanan sebesar 18-20 psia dengan dibantu nitrogen. Keseimbangan esterifikasi dicapai dalam waktu 30 menit. Setelah proses distilasi, produk n-butyl asetat keluar dari menara distilasi yang merupakan campuran azeotrop dari n-butanol, n-butyl asetat dan air. Campuran masuk ke dalam separator 3 fasa untuk pemisahan. Dimana air

sebagai produk bawah separator dibuang, dan campuran yang berada pada lapis kedua separator dikembalikan ke menara distilasi sebagai reflux. Sedangkan campuran atas dari separator dialirkan ke menara distilasi kedua untuk pemurnian produk kembali. Setelah itu, produk dihasilkan dengan kemurnian 92 %. (Joshep *et.al*, 1992).

### 3. *Reactive Distillation*

Reactive Distillation (RD) merupakan salah satu cara untuk memproduksi butil asetat. RD menggabungkan proses reaksi dan pemisahan di dalam satu alat berbentuk kolom. Proses dapat dijalankan baik secara batch maupun kontinyu. Awalnya asam asetat dan n-butanol diumpankan menuju mixer, kemudian setelah itu masuk ke dalam kolom distilasi reaktif, dimana campuran akan bereaksi, dibantu dengan katalis berupa ion exchange resin (*Amberlyst-15*) Kolom dipansakan dengan boiler di bagian bawah kolom. Terdapat 3 bagian utama pada kolom ini yang terdiri dari 1 reactive zone dan 2 non-reactive zone. Produk n-butil asetat keluar sebagai produk bawah. Sedangkan produk atas merupakan campuran azeotrop yang merupakan komponen organik yang terdiri dari n-butanol, air dan n-butil asetat, yang akan melalui separator untuk dilakukan pemisahan dengan air yang masih mengandung sedikit asam asetat dan n-butanol. Komponen organik dikembalikan sebagai reflux setelah terpisah dengan campuran air tadi.

Dengan proses ini n-butil asetat yang dihasilkan dapat mencapai kemurnian 96,01 % dengan tekanan dalam kolom sebesar 0,69 atm. Katalis yang digunakan adalah ion exchange resin, *Amberlyst-15*. (Bessling *et.al*, 2000)

Tabel 2.1 Berbagai Proses Produksi n-butyl asetat

| Parameter       | Proses                      |                                 |                              |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|
|                 | <i>Batch Esterification</i> | <i>Continous Esterification</i> | <i>Reactive Distillation</i> |
| Reaktan         | Asam Asetat dan Butanol     | Asam Asetat dan Butanol         | Asam Asetat dan Butanol      |
| Suhu Operasi    | 175 - 220 C                 | 115 - 120 C                     | 80 - 118 C                   |
| Tekanan Operasi | 1 atm                       | 1 atm                           | 0,69 atm                     |
| Fase Reaksi     | Cair                        | Cair                            | Cair                         |
| Kemurnian       | 90%                         | 92%                             | 96,01%                       |
| Katalis         | Asam Sulfat                 | Asam Sulfat                     | Ion Exchange Resin           |

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Proses Produksi n-Butyl Asetat

| Proses                          | Kelebihan                           | Kekurangan                       |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <i>Batch Esterification</i>     | Tekanan proses 1 atmosfer           | Kemurniannya kecil               |
|                                 | Alat yang digunakan sederhana       | Tidak cocok untuk skala besar    |
|                                 | Tidak memerlukan ruang yang besar   | Katalis bersifat korosif         |
| <i>Continous Esterification</i> | Tekanan proses 1 atmosfer           | Kemurniannya kecil               |
|                                 | Penggunaan energi yang lebih rendah | Katalis bersifat korosif         |
|                                 | Cocok untuk skala besar             |                                  |
| <i>Reactive Distillation</i>    | Kemurnian besar                     | Tekanan dibawah tekanan atmosfer |
|                                 | Penggunaan alat yang lebih efisien  |                                  |
|                                 | Tidak memerlukan ruang yang besar   |                                  |
|                                 | Katalis tidak bersifat korosif      |                                  |

Berdasarkan daftar proses yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan 2.2, pabrik n-butyl asetat yang akan didirikan dengan kapasitas 18.000 ton/tahun dipilih menggunakan proses *rective distillation*, karena kemurnian yang dihasilkan paling tinggi serta peralatan proses yang lebih efisien dengan jenis dan jumlah bahan baku yang sama. Pembuatan n-butyl asetat dengan proses *reactive distillation*, saat ini merupakan proses yang paling banyak digunakan pada industri, contohnya pada pabrik Dow Chemical, yang terletak di Amerika Serikat, Jerman dan Brazil.

### **2.3 Reactive Distillation**

*Reactive Distillation* atau distilasi reaktif adalah sebuah alat yang menggabungkan antara reaksi dan distilasi dalam satu kolom. Alat ini mulai berkembang di tahun 2000an untuk mengatasi dua senyawa yang sulit dipisahkan dengan distilasi biasa. *Reactive Distillation* terdiri dari 3 bagian utama yaitu *enriching section*, *reactif section* dan *stripping section*. Reaksi pembentukan terjadi pada bagian *reactive section*. Pada umumnya *reactive section* terdiri atas packing yang berupa keramik atau *fiberglass* untuk mengontakkan antara umpan dengan katalis dibantu panas dari bawah kolom yang dihasilkan oleh reboiler. Kemudian setelah reaksi berlangsung, campuran akan turun ke bawah menuju reboiler untuk dipisahkan berdasarkan perbedaan titik didihnya, dimana produk akan keluar sebagai *bottomm product* dan sisa campuran lainnya akan keluar sebagai *top product* menuju ke *stripping section* kemudian *reactive section* dan *enriching section*. Total uap yang naik ke atas kolom akan dikondensasikan oleh kondensor sebelum dikembalikan ke kolom untuk *reflux*. Setelah *reflux* selesai, maka produk atas sudah dapat dikeluarkan (Bessling *et.al*, 2000)

### **2.4 One feed point**

*Feed point* merupakan titik dimana umpan masuk ke kolom distilasi. *Feed point* ditempatkan pada titik tertentu karena dapat mempengaruhi kemurnian produk yang dihasilkan. Pada distilasi jenis *reactive distillation* terdapat dua jenis *feed point*, yang pertama *one feed point* yang ke dua *two feed point*. Pemilihan jenis *feed point* ini berdasarkan bahan baku yang akan dimasukkan ke dalam kolom.

Apabila bahan baku salah satunya berfasa gas maka harus dipilih *two feed point* dengan posisi masuk bahan baku yang berfasa gas berada di bawah dan bahan baku yang berfasa cair berada pada atas. Hal ini untuk memudahkan kedua bahan bereaksi pada titik *reactive section* di kolom *reactive distillation*. Pada proses pembuatan n-butyl asetat kedua umpan baik itu asam asetat maupun butanol memiliki fasa yang sama yaitu cair, sehingga cukup dengan satu *feed point* kedua bahan akan bertemu pada titik yang sama di *reactive section*, untuk perhitungan *feed point location* jenis *one feed point* cenderung lebih mudah dari pada *two feed point*. Sedangkan apabila kondisi umpan berfasa gas maka salah satu atau kedua bahan tersebut harus dicairkan dulu menggunakan kondensor atau tekanan dalam kolom diturunkan sampai pada titik bahan tersebut berfasa cair, tetapi akan banyak memerlukan energi untuk mengkondisikan tekanan dalam kolom untuk mencapai kondisi yang diinginkan. (Hurol, 2013)

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

1. Tipe kolom distilasi pada prarancangan pabrik n-butil asetat adalah *reactive distillation* dengan kondisi operasi *vacuum*.
2. Suhu masuk RD adalah 343,15 K, suhu keluaran atas 354,39 K dan suhu keluaran bawah sebesar 367,16 K
3. Reaktor menggunakan bahan *Carbon Steel SA 240 grade B*
4. Diameter *reactive section* 1,596 m, *enriching section* 1,286 m, *stripping section* 2,063 m
5. Tebal *shell* kolom 0,1875 m , tanpa isolasi, dan tebal *head* reaktor 0,1647 m
6. Tipe *head* yang digunakan pada RD adalah *torispherical* karena reaktor bertekanan rendah.
7. Panjang total RD adalah 11,823 m

#### 5.2 Saran

1. Perhitungan Spesifikasi *Reactive Distillation* dapat dilakukan dengan beberapa metode penyelesaian differential simultan dan kemudian membandingkan hasilnya.
2. Proses desain dapat menggunakan software simulasi aspen plus kemudian membandingkannya dengan hasil hitungan manual agar lebih optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. <http://www.bps.go.id>. Diakses pada 12 Desember 2018
- Bessling, Bernd., Grinstad ,Bernd Lohe, Heidelberg. 2000. *Process Preparing Ester from Carbocilic Acid*. US PATENT.
- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- De Munck, Nicollas E. 2013. *Batch Esterification Process*. US PATENT
- Hurol, Simruy. 2013. *Numerical Methods for Solving Systems of Ordinary Differential Equations*. Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus.
- Joshep, AP. Anthony P. 1992. *Continous Esterification Process*. European Patent
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2018. Direktori Perusahaan Industri. Jakarta : Kemenprin. Diakses dari <http://www.kemenperin.go.id/direktori-perusahaan> (23 Oktober 2018)
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F. 1983. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Kustanto, A. 2012. *Rencana Kerja Kementerian Perindustrian Tahun 2024*. Kementerian Perindustrian 2012.
- McKetta, J.J. and Cunningham, W. A. 1993. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, vol. 45, Marcel Decker, Inc, New
- Lederer, Jaromim. 2002. *Process And Apparatus For Theproduction Of Butylacetate And Isobutilacetate*. US PATENT.
- Oberg, A.A., Us, W.A., dan Zacher, A.H. 2015. (12) United States Patent (10) Patent No. Recycle: 44g Propylene Glycol 11g Water 633g Ethylene Glycol, NaOH, Byproducts 31g Propylene Glycol NaOH, Byproducts, 2 (12).
- Sinnot, R.K. 2005. *Coulson and Richardson's: Chemical Engineering Design*, Vol 6 4th ed. Elsevier Ltd. Oxford.
- Sulaiman, F. 2016. *Mengenal Industri Petrokimia*. Untirta Press:Banten. ISBN. 9786021013526.
- Stenstrom, Michael K, Diego Rosso.2003. *Fundamentals of Chemical Reactor Theory*. University of California, Los Angeles.
- Ullmann's. 2012. *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH Verlag & Co.KGaA. Weinheim.