

**PRARANCANGAN PABRIK *N-BUTYL ACRYLATE* DARI  
*ACRYLIC ACID* DAN *N-BUTANOL* DENGAN KAPASITAS  
55.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))**

**(Skripsi)**

**Oleh:  
Septiana Ekandari  
(1915041047)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2026**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK *N-BUTYL ACRYLATE* DARI *ACRYLIC ACID* DAN *N-BUTANOL* DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor – 201 (RE– 201))

Oleh

SEPTIANA EKANDARI

*N-butyl acrylate* adalah salah satu bahan kimia industri yang biasa digunakan untuk bahan tambahan produksi cat (*coating*), tekstil, perekat, konstruksi dan otomotif. Proses produksi *N-Butyl Acrylate* dilakukan dengan proses esterifikasi antara *acrylic acid* dan *n-butanol* dengan menggunakan katalis amberlist-15. Kebutuhan utilitas pabrik dalam bentuk sistem pengolahan dan penyediaan air, penyediaan uap, air pendingin, dan sistem pembangkit listrik. Pabrik direncanakan dibangun di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur dan beroperasi dengan kapasitas produksi 55.000 ton/tahun dengan 335 hari kerja dalam 1 tahun. Tenaga kerja dibutuhkan sebanyak 130 orang, pabrik berbentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

|                                          |                    |                          |
|------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| <i>Fixed Capital Investment</i>          | (FCI)              | = Rp 216.126.340,337,-   |
| <i>Working Capital Investment</i>        | (WCI)              | = Rp 38.139.942.412,-    |
| <i>Total Production Cost</i>             | (TPC)              | = Rp 1.066.004.388.324,- |
| <i>Break Even Point</i>                  | (BEP)              | = 49,34%                 |
| <i>Shut Down Point</i>                   | (SDP)              | = 26,74%                 |
| <i>Pay Out Time before taxes</i>         | (POT) <sub>b</sub> | = 1,32 tahun             |
| <i>Pay Out Time after taxes</i>          | (POT) <sub>a</sub> | = 1,59 tahun             |
| <i>Return on Investment before taxes</i> | (ROI) <sub>b</sub> | = 55,88%                 |
| <i>Return on Investment after taxes</i>  | (ROI) <sub>a</sub> | = 44,70%                 |
| <i>Discounted cash flow</i>              | (DCF)              | = 46,53%                 |

Berdasarkan paparan di atas, maka pendirian pabrik *N-Butyl Acrylate* dinilai layak untuk dipertimbangkan kedepannya karena menguntungkan secara ekonomi dan memiliki masa depan yang relatif menjanjikan.

Kata kunci: esterifikasi, *line and staff*, *n-butyl acrylate*,  $C_7H_{12}O_2$

## ABSTRACT

### DESIGN OF N-BUTYL ACRYLATE FACTORY FROM ACRYLIC ACID AND N-BUTANOL CAPACITY 55.000 TON/YEAR (Design of Reactor – 201 (RE–201))

By

SEPTIANA EKANDARI

N-butyl acrylate is an important industrial chemical widely used as a raw material in the production of coatings, textiles, adhesives, construction materials, and automotive products. The production of n-butyl acrylate is carried out through an esterification reaction between acrylic acid and n-butanol using Amberlyst-15 as a catalyst. The plant utility requirements include water treatment and supply systems, steam generation, cooling water systems, and power generation systems. The plant is planned to be constructed in the Gresik Industrial Area, East Java, and will operate with a production capacity of 55,000 tons per year for 335 operating days annually. The workforce required consists of 130 employees. The company is established as a Limited Liability Company (PT) with a line-and-staff organizational structure.

From the economic analysis obtained:

|                                   |                    |                          |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Fixed Capital Investment          | (FCI)              | = Rp 216.126.340,337,-   |
| Working Capital Investment        | (WCI)              | = Rp 38.139.942.412,-    |
| Total Production Cost             | (TPC)              | = Rp 1.066.004.388.324,- |
| Break Even Point                  | (BEP)              | = 49,34%                 |
| Shut Down Point                   | (SDP)              | = 26,74%                 |
| Pay Out Time before taxes         | (POT) <sub>b</sub> | = 1,32 years             |
| Pay Out Time after taxes          | (POT) <sub>a</sub> | = 1,59 years             |
| Return on Investment before taxes | (ROI) <sub>b</sub> | = 55,88%                 |
| Return on Investment after taxes  | (ROI) <sub>a</sub> | = 44,70%                 |
| Discounted cash flow              | (DCF)              | = 46,53%                 |

Based on the above explanation, the establishment of a N-Butyl Acrylate plant is considered feasible to consider in the future because it is economically profitable and has a relatively promising future.

Key words: esterification, line and staff, n-butyl acrylate,  $C_7H_{12}O_2$

**PRARANCANGAN PABRIK *N-BUTYL ACRYLATE*  
DARI *ACRYLIC ACID* DAN *N-BUTANOL* DENGAN  
KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor– 201 (RE – 201))**

**Oleh**

**SEPTIANA EKANDARI  
1915041047**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK *N-BUTYL ACRYLATE* DARI  
*ACRYLIC ACID* DAN *N-BUTANOL* KAPASITAS 55.000  
TON/TAHUN**  
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE - 201))

Nama Mahasiswa : **Septiana Ekandari**

No. Pokok Mahasiswa : **1915041047**

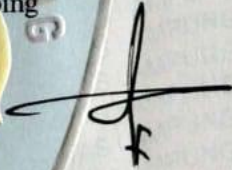
Program Studi : **Teknik Kimia**

Fakultas : **Teknik**



  
**Yuli Darni, S.T., M.T.**

NIP. 197407122000032001

  
**Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**

NIP. 198410082008121003

Ketua Jurusan Teknik Kimia

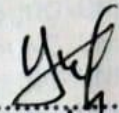
  
**Yuli Darni, S.T., M.T.**

NIP. 197407122000032001

**MENGESAHKAN**

Tim Penguji

Ketua : **Yuli Darni, S.T., M.T.**

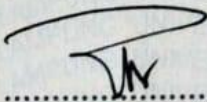
  
.....

Sekretaris : **Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**

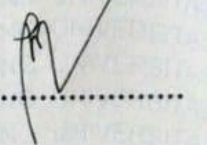
  
.....

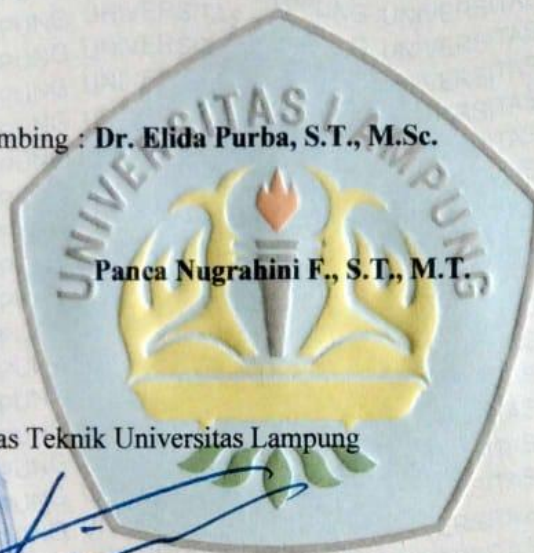
Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**

  
.....

**Panca Nugrahini F., S.T., M.T.**

  
.....



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



**Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.**

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **3 Februari 2026**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Februari 2026



Septiana Ekandari

NPM. 1915041047

## RIWAYAT HIDUP



Penulis Bernama Septiana Ekandari merupakan putri pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Fatchan dan Ibu Marliah yang lahir di Pringsewu, pada tanggal 11 September 2001. Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Kusuma Mulia Kediri pada tahun 2008, Sekolah Dasar di SDN 02 Way Lima pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di MTsN 1 Pesawaran pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di MAN 1 Pesawaran pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur seleksi PMPAP (Penerimaan Perluasan Akses Pendidikan) Universitas Lampung tahun 2019. Pada tahun 2023, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Tanjungenim Lestari *Pulp and Paper* dengan tugas khusus yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Senyawa NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> Terhadap *Kappa Number*, *Brightness*, dan Viskositas pada Tahap Ekstrakti (Eop Stage) Unit *Bleaching* di PT. Tanjungenim Lestari *Pulp and Paper*”. Selain itu, penulis juga melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh penambahan *Blowing Agent* pada Pembuatan *Biodegradable Foam* Berbasis Pati Sorgum dengan Metode Modifikasi *Cross-Linking*” di Laboratorium Rekayasa Polimer, Serat dan Resin, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan antara lain sebagai Staff Divisi SCET, Departemen Edukasi HIMATEMIA FT UNILA periode 2020 dan menjadi Sekretaris Divisi SCET, Departemen Edukasi HIMATEMIA FT UNILA 2021.

## MOTTO

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan”

(Q.S. Al – Insyirah: 5–6)

“Manusia tidak akan memperoleh selain dari apa yang diusahakannya. Usahamu akan diperlihatkan, lalu dibalas dengan balasan yang sempurna”

(Q.S. An – Najm: 39–41)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, tapi keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

(BJ. Habibie)

*“Take the moment and taste it. You’ve got no reason to be afraid”*

(Taylor Swift)

“Jangan bandingkan jarak terbangnya tapi bagaimana dan apa yang dilalui, karena itulah satu hal yang penting selalu sesuai kata hati”

(JKT 48)

# *SEBUAH KARYA*

*Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT,*

*Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada:*

*Kedua orang tuaku, Bapak dan Mamah tercinta,*

*Terimakasih yang tak terhingga untuk segala bentuk kasih sayang,  
kepercayaan, dukungan yang tak ada hentinya dan do'a yang selalu  
dipanjatkan setiap harinya. Terima kasih atas pengorbanan dan kerja  
keras yang luar biasa.*

*Adik-Adikku,*

*Terimakasih banyak untuk kesabaran dan semangat yang membuatku  
lebih kuat. Semoga keberhasilan ini menjadi langkah awal yang baik  
untuk masa depan kita bersama.*

*Guru-guruku dan Dosen-dosenku*

*Sebagai tanda hormatku, terima kasih atas segala ilmu yang telah  
diberikan. Semoga Allah swt senantiasa memberikan keberkahan atas  
segala kebaikan ilmu yang telah diberikan.*

*Diri Sendiri*

*Terima kasih telah menjadi rumah yang nyaman dan selalu yakin untuk tetap berjuang disaat hati kecil berkata ingin menyerah. Terima kasih untuk menjadi lebih baik setiap harinya.*

*Sahabat-sahabatku dan Orang yang Ku Sayangi,  
Terimakasih selalu ada dan menemani dengan setulus hati.*

*Serta kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,  
Universitas Lampung  
semoga dapat berguna dikemudian hari.*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik *N-Butyl Acylate* dari *Acrylic Acid* dan *N-Butanol* dengan Kapasitas 55.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas karunia-Nya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan selaku Dosen Pembimbing I juga Dosen Pembimbing Penelitian yang telah banyak membantu, memberikan banyak ilmu, pengarahan, bimbingan, dan motivasi selama penyelesaian penelitian dan tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan tersebut dapat berguna dikemudian hari.
3. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
4. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan keritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
5. Ibu Panca Nugrahini F, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.

6. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama masa kuliah.
7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademik Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu yang telah diberikan selama masa studi. Semoga dapat menjadi bekal yang berguna di masa depan.
8. Teruntuk pintu surgaku dan yang tersayang Mamah Marliah, perempuan tangguh dengan pengorbanan yang luar biasa. Terima kasih yang tak terhingga untuk luasnya kesabaran, do'a yang selalu dipanjatkan setiap harinya, serta perhatian dan kasih tulus yang selalu mengiringi serta meridhoi setiap perjalanan hidup penulis. Semoga Allah swt senantiasa memberikan kesehatan dan kebahagiaan kepada Mamah.
9. Teruntuk cinta pertamaku dan yang terkasih Bapak Fatchan, sosok pekerja keras tanpa kenal letih. Terima kasih untuk setiap tetes keringat yang dicurahkan, do'a yang selalu dipanjatkan dan pengorbanan yang luar biasa demi memperjuangkan masa depan penulis. Semoga Allah swt senantiasa memberikan kesehatan dan kebahagiaan kepada Bapak.
10. Kedua adikku serta penyemangatku, Aprianti Dwi Lestari dan Kelvin Al Kahfi Zeppelin. Terima kasih yang tak terhingga untuk semua kesabaran dan pengorbanan yang telah diberikan, serta selalu mengalah demi kepentingan kebutuhan penulis. Semoga Allah swt memberikan kebahagiaan dan kehidupan yang lebih baik di masa depan.
11. Keluarga besar tercinta, atas do'a dan segala bentuk dukungan baik materi maupun moril yang telah diberikan selama ini.
12. Seseorang yang selalu setia mendampingi, Dicky Rachmansyah yang telah memberikan dukungan, do'a dan kesabarannya untuk selalu meyakinkan penulis agar tetap bertahan menyelesaikan apa yang sudah dimulai. Terima kasih sudah menjadi pendengar sekaligus orang yang selalu ada ketika penulis berada di titik terendah dan kebingungan.

13. Sepupuku Fidela Anindya Atha yang telah menjadi teman, pendengar dan meyakinkan penulis untuk selalu optimis mencapai tujuan selama menyelesaikan kuliah.
14. M.Akbar Pambudi selaku partner TA penulis yang telah berjuang bersama melalui suka duka dan membantu penulis selama menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
15. Sahabat-sahabatku, Dini, Tenti, Mia, Mala dan Heryati yang telah menjadi tempat berkeluh kesah dan memberikan semangat untuk terus berjuang sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
16. Teruntuk sahabat CBS ku Kinan, Sela, Nur, Adilla dan (alm) Ulfa yang selalu ada di hati penulis. Terima kasih telah menjadi penyemangat selama masa perkuliahan hingga saat ini.
17. Grup Kostanku Anggun, Ela dan Aul yang sudah menciptakan banyak *moment* bersama penulis selama masa pengerjaan tugas akhir, banyak suka duka yang telah kita lewati. Semoga hal-hal baik senantiasa mengiringi langkah kita kedepannya.
18. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih sudah turut menemani dan membantu dalam perjalanan penulis selama masa perkuliahan ini. Semoga kita semua menjadi orang yang sukses dan berguna di masa depan.
19. Semua pihak lainnya yang telah membantu dan mendo'akan yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
20. Terakhir teruntuk diriku sendiri, Septiana Ekandari seorang perempuan sederhana dengan hati kecil namun impian besar. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini dan memilih untuk tidak menyerah ketika ruang terasa sempit, jalan terasa gelap dan keraguan datang silih berganti. Terima kasih sudah menjadi tempat yang nyaman disaat semuanya terasa bising. Aku bangga atas semua perjalanan dan langkah kecil yang telah dilalui meskipun terkadang kenyataan tidak sesuai dengan harapan. Tetaplah belajar dan selalu mensyukuri apa yang kamu dapatkan saat ini dan yang akan terjadi. Semoga Allah swt selalu

memberkahi setiap langkahmu dan semoga kamu selalu dikelilingi orang-orang baik. Aamiin.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 20 Februari 2026

Penulis,

Septiana Ekandari

## DAFTAR ISI

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| DAFTAR ISI.....                                                           | i  |
| DAFTAR TABEL.....                                                         | vi |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                       | x  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                                   | 1  |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                   | 1  |
| 1.2 Penentuan Kapasitas .....                                             | 2  |
| 1.3 Tempat dan Lokasi Pabrik .....                                        | 4  |
| BAB II DESKRIPSI PROSES .....                                             | 8  |
| 2.1 Jenis-jenis Proses.....                                               | 8  |
| 2.2 Pemilihan Proses .....                                                | 9  |
| 2.3 Pemilihan proses meninjau dari panas reaksi ( $\Delta H$ ).....       | 16 |
| 2.4 Pemilihan proses meninjau dari energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )..... | 17 |
| 2.5 Uraian Proses.....                                                    | 19 |
| BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK.....                            | 21 |
| 3.1. Spesifikasi Bahan Baku.....                                          | 21 |
| 3.2. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang .....                               | 25 |
| 3.3. Spesifikasi Produk .....                                             | 26 |
| BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI.....                                       | 29 |
| 4.1 NERACA MASSA.....                                                     | 29 |
| 4.1.1 <i>Mix Point</i> (MP-101) .....                                     | 29 |
| 4.1.2 <i>Mix Point</i> (MP-102) .....                                     | 30 |
| 4.1.3 Reaktor (Re-201).....                                               | 30 |
| 4.1.4 Distilasi (MD-301).....                                             | 30 |
| 4.1.5 <i>Condenser</i> (CD-301).....                                      | 30 |
| 4.1.6 Reboiler (RB-301).....                                              | 31 |
| 4.1.7 Dekanter (DEC-303) .....                                            | 31 |
| 4.1.7 Menara Distilasi (MD-302).....                                      | 31 |
| 4.1.8 <i>Condensor</i> (CD-302).....                                      | 32 |
| 4.1.9 Reboiler (RB-302).....                                              | 32 |
| 4.2 NERACA ENERGI.....                                                    | 32 |

|                              |                                                         |    |
|------------------------------|---------------------------------------------------------|----|
| 4.2.1                        | <i>Heater</i> (HE-101) .....                            | 32 |
| 4.2.2                        | <i>Heater</i> (HE-102) .....                            | 33 |
| 4.2.3                        | Reaktor (RE-201) .....                                  | 33 |
| 4.2.4                        | <i>Heater</i> (HE-201) .....                            | 33 |
| 4.2.5                        | Menara Distilasi (MD-301).....                          | 34 |
| 4.2.6                        | <i>Cooler</i> (CO-301) .....                            | 34 |
| 4.2.7                        | Decanter (DE-401) .....                                 | 34 |
| 4.2.8                        | Menara Distilasi (MD-302).....                          | 35 |
| 4.2.9                        | <i>Cooler</i> (CO-302) .....                            | 35 |
| BAB V SPESIFIKASI ALAT ..... |                                                         | 36 |
| 5.1                          | Peralatan Proses .....                                  | 36 |
| 5.1.1.                       | Storage Tank Asam Akrilat ( $C_4H_6O_2$ ) (ST-101)..... | 36 |
| 5.1.2.                       | Pompa Proses (PP-101).....                              | 36 |
| 5.1.3.                       | <i>Heater</i> (HE-101) .....                            | 37 |
| 5.1.4.                       | Storage Tank n-Butanol ( $C_4H_{10}O$ ) (ST-102) .....  | 38 |
| 5.1.5.                       | Pompa Proses (PP-102).....                              | 38 |
| 5.1.6.                       | <i>Heater</i> (HE-102) .....                            | 39 |
| 5.1.7.                       | Reaktor (RE-201) .....                                  | 40 |
| 5.1.8.                       | Pompa Proses (PP-201).....                              | 41 |
| 5.1.9.                       | <i>Heater</i> (HE-201) .....                            | 41 |
| 5.1.10.                      | <i>Distillation Coloumn</i> (DC-301) .....              | 42 |
| 5.1.11.                      | <i>Condensor</i> (CD-301).....                          | 43 |
| 5.1.12.                      | Reboiler (RB-301).....                                  | 43 |
| 5.1.13.                      | Pompa Proses (PP-301).....                              | 44 |
| 5.1.14.                      | <i>Cooler</i> (CO-301) .....                            | 44 |
| 5.1.15.                      | Dekanter (DE-401).....                                  | 45 |
| 5.1.16.                      | Pompa Proses (PP-401).....                              | 46 |
| 5.1.17.                      | Pompa Proses (PP-302).....                              | 46 |
| 5.1.18.                      | <i>Distillation Coloumn</i> (DC-301) .....              | 47 |
| 5.1.19.                      | <i>Condensor</i> (CD-302).....                          | 47 |
| 5.1.20.                      | Reboiler (RB-302).....                                  | 48 |
| 5.1.21.                      | Pompa Proses (PP-303).....                              | 48 |

|         |                                                   |    |
|---------|---------------------------------------------------|----|
| 5.1.22. | Cooler (CO-302) .....                             | 49 |
| 5.1.23. | Tangki Penyimpanan n-Butil Akrilat (ST-103) ..... | 50 |
| 5.1.24. | Pompa Proses (PP-304).....                        | 50 |
| 5.2.    | Peralatan Utulitas.....                           | 51 |
| 5.2.1.  | Pompa Utilitas (PU – 401).....                    | 51 |
| 5.2.2.  | Bak Sedimentasi (BS – 401) .....                  | 51 |
| 5.2.3.  | Pompa Utilitas (PU – 402).....                    | 52 |
| 5.2.4.  | Tangki Alum (ST – 401).....                       | 52 |
| 5.2.5.  | Pompa Utilitas (PU – 403).....                    | 53 |
| 5.2.6.  | Tangki Kaporit (ST – 402).....                    | 54 |
| 5.2.7.  | Pompa Utilitas (PU – 404).....                    | 54 |
| 5.2.8.  | Tangki Soda Kaustik (ST – 403).....               | 55 |
| 5.2.9.  | Pompa Utilitas (PU – 405).....                    | 55 |
| 5.2.10. | <i>Clarifier</i> (CF – 401) .....                 | 56 |
| 5.2.11. | Pompa Utilitas (PU – 406).....                    | 57 |
| 5.2.12. | <i>Sand Filter</i> (SF – 401) .....               | 57 |
| 5.2.13. | Pompa Utilitas (PU – 407).....                    | 58 |
| 5.2.14. | Tangki Air Filter (ST – 404) .....                | 58 |
| 5.2.15. | Pompa Utilitas (PU – 408).....                    | 59 |
| 5.2.16. | Pompa Utilitas (PU – 409)).....                   | 59 |
| 5.2.17. | Pompa Utilitas (PU – 410).....                    | 60 |
| 5.2.18. | <i>Hot Basin</i> (HB – 401) .....                 | 60 |
| 5.2.19. | Pompa Utilitas (PU – 411).....                    | 61 |
| 5.2.20. | Tangki Asam Sulfat (ST – 405) .....               | 61 |
| 5.2.21. | Pompa Utilitas (PU – 412).....                    | 62 |
| 5.2.22. | Tangki Dispersan (ST – 406) .....                 | 63 |
| 5.2.23. | Pompa Utilitas (PU – 413).....                    | 63 |
| 5.2.24. | Tangki Inhibitor (ST – 407).....                  | 64 |
| 5.2.25. | Pompa Utilitas ( PU – 414).....                   | 64 |
| 5.2.26. | <i>Cooling Tower</i> (CT – 401).....              | 65 |
| 5.2.27. | Pompa Utilitas (PU – 415).....                    | 66 |
| 5.2.28. | <i>Cold Basin</i> (CB – 401).....                 | 66 |

|                                            |                                                |    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------|----|
| 5.2.29.                                    | Pompa Utilitas (PU – 416) .....                | 66 |
| 5.2.30.                                    | <i>Cation Exchanger</i> (CE – 401) .....       | 67 |
| 5.2.31.                                    | Pompa Utilitas (PU – 417) .....                | 68 |
| 5.2.32.                                    | <i>Anion Exchanger</i> (AE – 401) .....        | 68 |
| 5.2.33.                                    | Pompa Utilitas (PU – 418) .....                | 69 |
| 5.2.34.                                    | Tangki Kondensat (ST – 408) .....              | 69 |
| 5.2.35.                                    | Pompa Utilitas (PU – 419) .....                | 70 |
| 5.2.36.                                    | Pompa Utilitas (PU – 420) .....                | 71 |
| 5.2.37.                                    | Tangki Hidrazin (ST – 409) .....               | 71 |
| 5.2.38.                                    | Pompa Utilitas (PU – 421) .....                | 72 |
| 5.2.39.                                    | Daerator (DE – 401) .....                      | 72 |
| 5.2.40.                                    | Pompa Utilitas (PU – 422) .....                | 73 |
| 5.2.41.                                    | <i>Boiler</i> (B – 401) .....                  | 74 |
| 6.1                                        | Unit Pendukung Proses .....                    | 75 |
| 6.2.1                                      | Unit Penyediaan Air .....                      | 75 |
| 6.2.2                                      | Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....             | 89 |
| 6.2.3                                      | Sistem Pembangkit Tenaga Listrik .....         | 89 |
| 6.2.4                                      | Sistem Penyediaan Bahan Bakar .....            | 90 |
| 6.2.5                                      | Unit Penyediaan Udara Tekan .....              | 90 |
| 6.2                                        | Pengolahan Limbah .....                        | 91 |
| 6.2.1                                      | Air buangan sanitasi .....                     | 91 |
| 6.2.2                                      | Air buangan dari peralatan proses .....        | 91 |
| 6.3                                        | Laboratorium .....                             | 91 |
| 6.3.1                                      | Laboratorium Fisika .....                      | 93 |
| 6.3.2                                      | Laboratorium Analitik .....                    | 93 |
| 6.3.3                                      | Laboratorium Penelitian dan Pengembangan ..... | 93 |
| 6.3.4                                      | Laboratorium Analisis Air .....                | 93 |
| 6.3.5                                      | Alat Analisis .....                            | 94 |
| 6.4                                        | Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....    | 95 |
| BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK ..... |                                                | 97 |
| 7.1                                        | Lokasi Pabrik .....                            | 97 |
| 7.2                                        | Tata Letak Pabrik .....                        | 99 |

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3 Estimasi Area Pabrik.....                                   | 102        |
| <b>BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN ....</b> | <b>105</b> |
| 8.1 Bentuk Perusahaan.....                                      | 105        |
| 8.2 Struktur Organisasi Perusahaan .....                        | 107        |
| 8.3 Tugas Dan Wewenang .....                                    | 110        |
| 8.4 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian .....                 | 116        |
| 8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan .....                          | 117        |
| 8.6 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....               | 119        |
| 8.7 Kesejahteraan Karyawan.....                                 | 123        |
| <b>BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI .....</b>              | <b>126</b> |
| 9.1 Investasi .....                                             | 126        |
| 9.2 Evaluasi Ekonomi .....                                      | 132        |
| 9.3 Angsuran Pinjaman .....                                     | 134        |
| 9.4 Discounted Cash Flow (DCF).....                             | 135        |
| <b>BAB X SIMPULAN DAN SARAN .....</b>                           | <b>137</b> |
| 10.1 Simpulan .....                                             | 137        |
| 10.2 Saran.....                                                 | 137        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                           |            |
| <b>LAMPIRAN A</b>                                               |            |
| <b>LAMPIRAN B</b>                                               |            |
| <b>LAMPIRAN C</b>                                               |            |
| <b>LAMPIRAN D</b>                                               |            |
| <b>LAMPIRAN E</b>                                               |            |
| <b>LAMPIRAN F</b>                                               |            |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                       | Halaman |
|-------------------------------------------------------------|---------|
| 1.1. Data Impor N-Butil Akrilat .....                       | 3       |
| 2.1. Harga Produk dan Bahan Baku .....                      | 10      |
| 2.2. Nilai $\Delta H_{f(298)}$ bahan baku dan produk .....  | 16      |
| 2.3. Nilai $\Delta G_{f(298)}$ bahan baku dan produk .....  | 17      |
| 2.4. Perbandingan proses produksi N-Butil Akrilat .....     | 18      |
| 4.1. Neraca Massa pada <i>Mixing Point</i> (MP – 101) ..... | 29      |
| 4.2. Neraca Massa pada <i>Mixing Point</i> (MP – 102) ..... | 30      |
| 4.3. Neraca Massa Reaktor (RE–201) .....                    | 30      |
| 4.4. Neraca Massa Menara Distilasi (MD–301) .....           | 30      |
| 4.5. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD–301) .....           | 30      |
| 4.6. Neraca Massa Dekanter (DE–402) .....                   | 31      |
| 4.7. Neraca Massa Menara Distilasi (MD–302) .....           | 31      |
| 4.8. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD–302) .....           | 32      |
| 4.9. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB–302) .....            | 32      |
| 4.10. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE–101) .....            | 32      |
| 4.11. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE–102) .....            | 33      |
| 4.12. Neraca Energi Reaktor (RE–301) .....                  | 33      |
| 4.13. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE–201) .....            | 33      |
| 4.14. Neraca Energi Menara Distilasi (MD–301) .....         | 34      |
| 4.15. Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO–301) .....            | 34      |
| 4.16. Neraca Energi <i>Decanter</i> (DE–402) .....          | 34      |
| 4.17. Neraca Energi Menara Distilasi (MD–302) .....         | 35      |
| 4.18. Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO–302) .....            | 35      |
| 5.1. Spesifikasi Tangki Asam Akrilat (ST-101) .....         | 36      |
| 5.2. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101) .....                | 37      |
| 5.3. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101) .....               | 37      |
| 5.4. Spesifikasi Tangki n-Butanol (ST-102) .....            | 38      |
| 5.5. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102) .....                | 38      |
| 5.6. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-102) .....               | 39      |
| 5.7. Spesifikasi Reaktor (RE-201) .....                     | 39      |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 5.8. Spesifikasi Pompa Proses (PP-201).....                         | 40 |
| 5.9. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-201) .....                       | 41 |
| 5.10. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301).....                    | 41 |
| 5.11. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....                    | 42 |
| 5.12. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....                     | 42 |
| 5.13. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301).....                        | 43 |
| 5.14. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301) .....                      | 43 |
| 5.15. Spesifikasi Dekanter (DE-401).....                            | 44 |
| 5.16. Spesifikasi Pompa Proses (PP-401).....                        | 44 |
| 5.17. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302).....                        | 45 |
| 5.18. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-302).....                    | 45 |
| 5.19. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302).....                    | 46 |
| 5.20. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-302).....                     | 47 |
| 5.21. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-201) .....                      | 47 |
| 5.22. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> n-Butil Akrilat (ST-103)..... | 48 |
| 5.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304).....                        | 48 |
| 5.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-401).....                        | 49 |
| 5.25. Spesifikasi Pompa (PU – 401).....                             | 49 |
| 5.26. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS – 101) .....                  | 50 |
| 5.27. Spesifikasi Pompa (PU – 402).....                             | 50 |
| 5.28. Spesifikasi Tangki Alum (ST– 401).....                        | 51 |
| 5.29. Spesifikasi Pompa (PU – 403).....                             | 51 |
| 5.30. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST – 402).....                    | 52 |
| 5.31. Spesifikasi Pompa (PU – 404).....                             | 53 |
| 5.32. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST– 403).....                | 53 |
| 5.33. Spesifikasi Pompa (PU – 405).....                             | 54 |
| 5.34. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CF-401) .....                   | 54 |
| 5.35. Spesifikasi Pompa (PU – 406).....                             | 55 |
| 5.36. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF – 401) .....               | 55 |
| 5.37. Spesifikasi Pompa (PU – 407).....                             | 56 |
| 5.38. Spesifikasi Tangki Air Filter (ST – 404) .....                | 56 |
| 5.39 Spesifikasi Pompa (PU – 408).....                              | 57 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 5.40. Spesifikasi Pompa (PU – 409).....                         | 58  |
| 5.41. Spesifikasi Pompa (PU – 410).....                         | 58  |
| 5.42. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB – 401) .....             | 59  |
| 5.43. Spesifikasi Pompa (PU – 411).....                         | 59  |
| 5.44. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST – 405) .....           | 60  |
| 5.45. Spesifikasi Pompa (PU – 412).....                         | 60  |
| 5.46. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST – 406).....              | 61  |
| 5.47. Spesifikasi Pompa (PU – 413).....                         | 62  |
| 5.48. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST – 407).....              | 62  |
| 5.49. Spesifikasi Pompa (PU – 414).....                         | 63  |
| 5.50. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT– 401).....           | 63  |
| 5.51. Spesifikasi Pompa (PU – 415).....                         | 64  |
| 5.52. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 401).....             | 64  |
| 5.53. Spesifikasi Pompa (PU – 416).....                         | 65  |
| 5.54. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE – 401).....       | 65  |
| 5.55. Spesifikasi Pompa (PU-417) .....                          | 66  |
| 5.56. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE – 401).....        | 66  |
| 5.57. Spesifikasi Pompa (PU-418) .....                          | 67  |
| 5.58. Spesifikasi Tangki Kondensat (ST – 408).....              | 68  |
| 5.59. Spesifikasi Pompa (PU – 419).....                         | 68  |
| 5.60. Spesifikasi Pompa (PU – 420).....                         | 69  |
| 5.61. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST– 409) .....               | 69  |
| 5.62. Spesifikasi Pompa (PU – 421).....                         | 70  |
| 5.63. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE–401) .....               | 70  |
| 5.64. Spesifikasi Pompa (PU – 422).....                         | 71  |
| 5.65. Spesifikasi <i>Boiler</i> (B – 401) .....                 | 72  |
| 6.1. Kebutuhan Air Pendingin .....                              | 75  |
| 6.2. Kebutuhan Air Umpan <i>Boiler</i> .....                    | 78  |
| 6.3. Kebutuhan Air Pabrik.....                                  | 80  |
| 6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian..... | 94  |
| 6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses.....                    | 94  |
| 7.1. Perincian luas area Pabrik n-Butil Akrilat.....            | 101 |

|      |                                                              |     |
|------|--------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1. | Jadwal Kerja Masing-Masing Regu .....                        | 119 |
| 8.2. | Perincian Tingkat Pendidikan .....                           | 120 |
| 8.3. | Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses .....          | 121 |
| 8.4. | Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas .....        | 122 |
| 8.4. | Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan .....          | 122 |
| 9.1. | <i>Fixed Capital Investment</i> .....                        | 126 |
| 9.2. | <i>Manufacturing Cost</i> .....                              | 128 |
| 9.3. | <i>General Expenses</i> .....                                | 129 |
| 9.4. | Biaya Administrasi .....                                     | 130 |
| 9.5. | <i>Minimum Acceptable Persent Return on Investment</i> ..... | 132 |
| 9.6. | <i>Minimum Acceptable Persent Pay Out Time</i> .....         | 133 |
| 9.7. | Hasil Uji Kelayakan Ekonomi .....                            | 136 |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                               | Halaman |
|------------------------------------------------------|---------|
| 1.1. Data Impor N-Butil Akrilat .....                | 3       |
| 1.2. Peta Lokasi Pabrik N-Butil Akrilat .....        | 5       |
| 6.1. <i>Cooling Tower</i> .....                      | 77      |
| 6.2. <i>Diagram Cooling Water System</i> .....       | 78      |
| 6.3. <i>Daerator</i> .....                           | 80      |
| 6.4. <i>Diagram Alir Pengolahan Air</i> .....        | 81      |
| 7.1. Peta Provinsi Jawa Timur .....                  | 102     |
| 7.2. Lokasi Pabrik .....                             | 102     |
| 7.3. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung ..... | 103     |
| 7.4. Tata Letak Peralatan Proses .....               | 103     |
| 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....            | 109     |
| 9.1. Grafik Analisa Ekonomi .....                    | 134     |
| 9.2. <i>Kurva Cumulative Cash Flow</i> .....         | 135     |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang di dunia harus siap menghadapi era perdagangan bebas. Saat ini Indonesia masih tertinggal dibandingkan dengan negara – negara lain di era ini. Kondisi perekonomian yang terpuruk persis pada saat akan dimulainya era perdagangan bebas yang merupakan indikasi yang tidak dapat dipungkiri. Oleh karena itu perlunya usaha – usaha baru agar indonesia lebih dapat berkompetisi dengan negara lain yang salah satunya dibidang industri. Pembangunan industri merupakan bagian dari upaya pembangunan ekonomi jangka panjang untuk menciptakan struktur perekonomian yang lebih kuat dan seimbang, khususnya yang menekankan pada industri teknologi tinggi yang didukung oleh industri kuat lainnya. Seiring dengan berkembangnya industri, kebutuhan akan bahan baku dan bahan penunjang semakin meningkat.

Proses industrialisasi diharapkan dapat lebih dimantapkan untuk mendukung perkembangan industri–industri di Indonesia, yang salah satunya yaitu industri n-butil akrilat. N-butil akrilat memiliki rumus molekul  $C_7H_{12}O_2$  dan mempunyai nama IUPAC yang diantaranya n-Butil Akrilat yang mempunyai beberapa nama IUPAC, diantaranya yaitu, *n-Butyl propenoate*, *Acrylic acid butyl ester*, *Acrylic acid, butyl ester* (PubChem, 2023). N-butil akrilat merupakan suatu monomer yang dapat digunakan sebagai kopolimer dalam jumlah tertentu maupun dalam bentuk polimer emulsi. Polimer emulsi

merupakan salah satu produk yang banyak digunakan pada bidang industri ataupun di kehidupan sehari-hari. Dalam bidang industri, polimer emulsi dapat dimanfaatkan di berbagai sektor industri yang diantaranya yaitu industri cat (*coating*), tekstil, perekat, konstruksi, otomotif dan lain sebagainya.

Banyaknya kegunaan produk n-butil akrilat pada dunia industri maka keperluan dari produk ini akan semakin meningkat disetiap tahunnya dengan meningkatnya jumlah pemakaian produk industri pengguna bahan tersebut. N-butil akrilat dibuat dari asam akrilat dan n-butanol dengan menggunakan katalis amberlyst-15. Bahan baku asam akrilat diperoleh dari PT. Nippon Shokubai Acrylindo yang berlokasi di daerah Cilegon dengan kapasitas 240.000 ton/tahun berada di Banten dan untuk bahan baku n-butanol diperoleh dari PT. Oxo Nusantara yang berkapasitas 150.000 ton/tahun dan berada di Gresik, Jawa Timur. Untuk bahan baku tambahan Amberlyst-15 yang digunakan sebagai katalis diperoleh dari PT. Arianto Darmawan yang berada di Surabaya.

## **1.2 Penentuan Kapasitas**

Dalam penentuan kapasitas pabrik n-butil akrilat, dapat dilakukan analisa berdasarkan data impor.

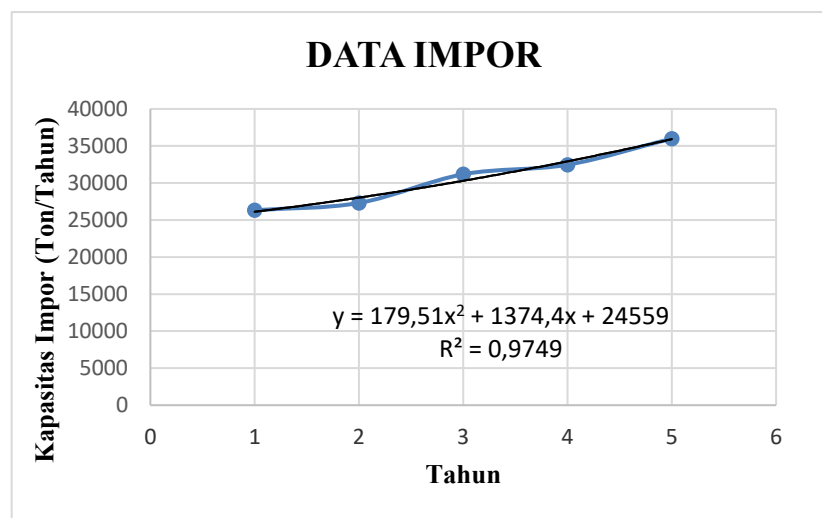
### **a. Data Impor**

Industri yang menggunakan n-butil akrilat sebagai bahan baku lanjutan atau tambahan dapat ditinjau dari beberapa contoh industri. Berdasarkan data

impor yang diperoleh dari data Badan Pusat Statistik tahun 2019 – 2023 dapat dilihat dari Tabel 2.1 berikut:

**Tabel 4.1.1.1 Data Impor N-Butil Akrilat**

| Tahun | Tahun ke- | Total Impor (Ton/tahun) |
|-------|-----------|-------------------------|
| 2019  | 1         | 26323,785               |
| 2020  | 2         | 27310,411               |
| 2021  | 3         | 31181,745               |
| 2022  | 4         | 32466,201               |
| 2023  | 5         | 36002,803               |



**Gambar 4.1.1.1 Data Impor N-Butil Akrilat**

Berdasarkan Gambar 1.1 dan Tabel 1.1, bahwasannya kebutuhan n-butyl Akrilat di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Dari data di atas, di asumsikan pabrik akan didirikan pada tahun 2028, maka berdasarkan perhitungan dengan membuat persamaan garis polinomial orde 2 dengan

x sebagai fungsi tahun ke- dan y sebagai fungsi volume kapasitas pabrik, didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 179,51x^2 + 1374,4x + 24.559$$

Keterangan :

x = Tahun ke-

y = Kebutuhan

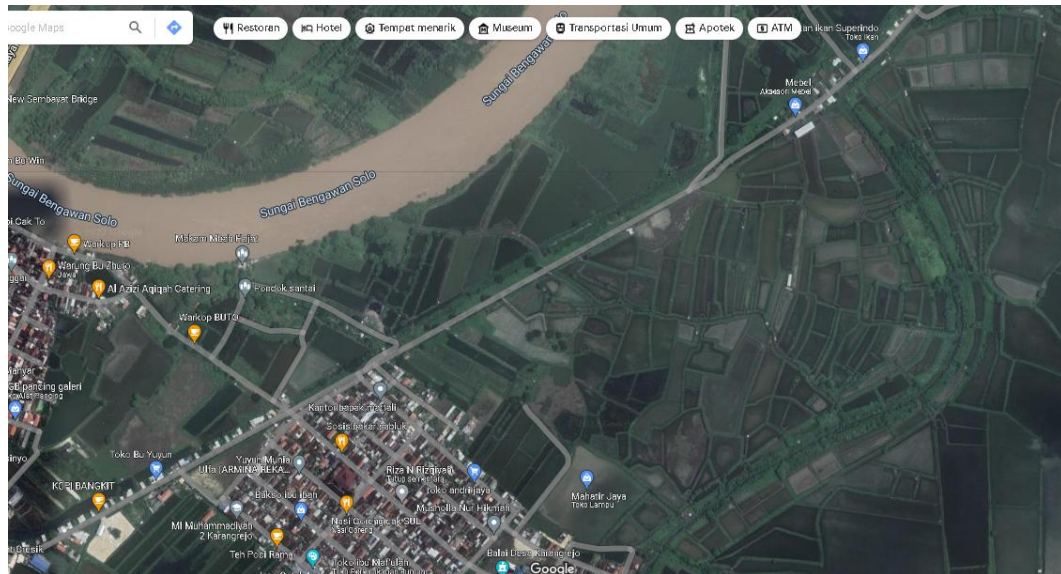
$$\begin{aligned} y &= 179,51x^2 + 1374,4x + 24.559 \\ &= 179,51(10^2) + 1374,4(10) + 24.559 \\ &= 56,250 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan data impor produksi N-Butil Akrilat di Indonesia dari tahun 2019 – 2023 didapatkan kebutuhan produksi pabrik pada tahun 2028 dari perhitungan nilai y pada data impor adalah 56,250 ton/tahun sehingga direncanakan kapasitas pabrik n-butil akrilat sebesar **55.000 ton/tahun**.

### 1.3 Tempat dan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi untuk membangun pabrik merupakan salah satu faktor yang dapat menentukan kemajuan dan kelangsungan pabrik yang akan dibangun serta kestabilannya di waktu yang akan datang. Hal ini disebabkan oleh faktor distribusi dan produksi seperti ketersediaan bahan baku, pemasaran produk, sarana transportasi, dan beberapa faktor penunjang. Selain itu, perhitungan biaya yang dikeluarkan untuk pendistribusian dan produksi minimal serta pertimbangan budaya dan sosiologi masyarakat sekitar pabrik yang akan dibangun pun merupakan aspek-aspek yang harus dipertimbangkan untuk

menentukan lokasi pabrik (Timmerhaus, 2014). Hal tersebutlah yang dapat memperlancar berjalannya pendirian suatu pabrik.



**Gambar 4.1.1.2** Peta Lokasi Pabrik N-Butil Akrilat

Berikut ini adalah pertimbangan dalam memilih lokasi pabrik:

| Lokasi  | Harga Lahan<br>(Rp/m <sup>2</sup> ) | Jarak Bahan Baku (km)                        |                                  |              |
|---------|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|--------------|
|         |                                     | C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O | Amberlyst-15 |
| Cilegon | Rp 2.500.000,00                     | 1                                            | 893                              | 912          |
| Gresik  | Rp 2.750.000,00                     | 891                                          | 2                                | 22           |

a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan yaitu Asam Akrilat yang diperoleh dari PT. Nippon Shokubai Acrylindo yang berada di daerah Cilegon dengan kapasitas 240.000 ton/tahun. n-Butanol diperoleh dari PT. Oxo Nusantara yang berkapasitas 150.000 ton/tahun dan berada di Gresik, Jawa Timur. Untuk bahan baku tambahan Amberlyst-15 yang digunakan sebagai katalis diperoleh dari PT. Arianto Darmawan yang berada di Surabaya.

b. Pemasaran Produk

Dalam menentukan lokasi pabrik, pemasaran produk diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang mana produk n-Butil akrilat ini biasa digunakan pada industri industri cat (*coating*), tekstil, perekat, konstruksi, otomotif dan lain sebagainya.

c. Transportasi

Ketersediaan sarana transportasi sangat mempengaruhi pendistribusian produk dan bahan baku baik melalui jalur darat maupun jalur laut. Gresik merupakan salah satu Kawasan industri yang memiliki akses memadai seperti pintu tol, dermaga, dan jalan raya yang dapat digunakan sebagai sarana pendistribusian ke dalam negeri maupun luar negeri.

d. Utilitas

Utilitas yang diperlukan pada pabrik ini antara lain air, bahan bakar dan listrik. Dalam menjalankan suatu proses di sebuah pabrik, dibutuhkan air yang jumlahnya cukup besar yang digunakan sebagai air proses, air yang dibutuhkan untuk karyawan pabrik dan masyarakat sekitar pabrik, air hidran serta air umpan boiler. Oleh sebab itu, pabrik harus berada di daerah dekat dengan sumber air. Di Gresik, air dapat diperoleh dengan mudah yaitu karena lokasi pabrik dekat dengan Sungai Brantas yang memiliki panjang 320 km. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya pabrik yang didirikan di wilayah Gresik yang semuanya pasti membutuhkan air dalam proses produksinya. Demikian juga pembangkit listrik akan diperoleh dari PLN, serta cadangan Generator dengan bahan bakar diperoleh dari Pertamina. Hal

tersebut adalah salah satu faktor terpenting dalam sentra industri, terutama sebagai penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan lainnya.

e. Ketersediaan Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja pabrik dapat dipenuhi dari lingkungan sekitar lokasi pabrik, mulai dari tenaga kerja terdidik, terlatih, terlampir, hingga tenaga kerja kasar. Dengan memanfaatkan masyarakat sekitar sebagai tenaga kerja, maka berdirinya pabrik ini dapat mengurangi persentase pengangguran di daerah tersebut dan dapat membantu meningkatkan taraf hidup masyarakat setempat. Menurut Data Badan Pusat Statistik 2023, Gresik memiliki total pengangguran 6,82% dari total usia siap kerja, oleh karena itu pembangunan pabrik di daerah Gresik ini akan sangat membantu masyarakat sekitar untuk mendapat pekerjaan.

## BAB II

### DESKRIPSI PROSES

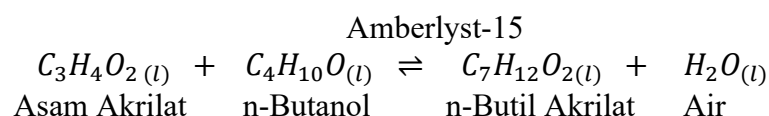
Upaya produksi di pabrik kimia memerlukan berbagai sistem proses yang berbeda dan sistem proses yang digabungkan menjadi suatu sistem produksi yang dikenal dengan teknologi proses. Umumnya, sistem proses utama pada suatu pabrik kimia adalah sistem reaksi, sistem pemisahan dan pemurnian. Selain sistem tersebut, pabrik kimia juga menggunakan berbagai sistem pendukung seperti sistem kontrol proses, penyimpanan bahan kimia, pengolahan limbah dan infrastruktur yang mendukung untuk menjalankan pabrik kimia tersebut.

#### 2.1 Jenis-jenis Proses

n-Butil Akrilat yang mempunyai beberapa nama IUPAC, diantaranya yaitu, *n-Butyl propenoate*, *Acrylic acid butyl ester*, *Acrylic acid, butyl ester* (PubChem, 2023). Senyawa tersebut merupakan cairan tak berwarna yang memiliki rumus molekul  $C_7H_{12}O_2$ . n-Butil Akrilat dapat diproduksi dengan beberapa proses dan bahan yang berbeda – beda, yaitu:

##### 1. Pembuatan n-Butil Akrilat dari Asam Akrilat dan n-Butanol

Pembuatan n-Butil Akrilat dengan menggunakan bahan baku dari asam akrilat dan n-butanol diperoleh dari reaksi esterifikasi. Reaksi esterifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



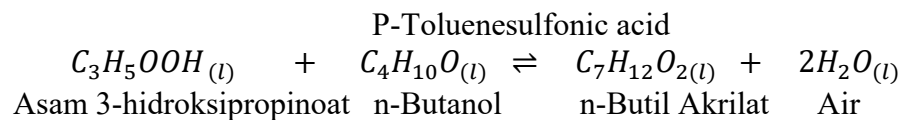
Reaksi dijalankan pada suhu 90°C. Reaksi esterifikasi antara Asam Akrilat dengan N-Butanol merupakan reaksi kesetimbangan. Konversi

Asam Akrilat menjadi N-Butil Akrilat sebesar 95%. Katalis yang dapat digunakan dalam reaksi esterifikasi antara lain resin asam padat atau asam lainnya. Rasio asam akrilat dengan butanol yaitu 1:1,25. Kadar katalis asam sebaiknya antara 5% berat (US patent: 20.050.059.837, 2005).

## 2. Pembuatan n-Butil Akrilat dari 3-Hidroxypropenoic acid de

Pembuatan n-Butil Akrilat dengan menggunakan bahan baku dari Asam 3-hidroksipropinoat dengan n-butanol menggunakan reaksi esterifikasi.

Reaksi esterifikasi yang terjadi adalah



Reaksi dijalankan pada suhu 120°C dengan waktu tinggal di dalam reaktor selama 2 jam. Reaksi kesetimbangan ini memiliki konversi sebesar 99,5% dalam memproduksi n-Butil Akrilat. Katalis yang digunakan dalam reaksi ini yaitu P-Toluenesulfonic acid. Rasio n-butanol terhadap 3HPA berkisar antara 1,1.

## 2.2 Pemilihan Proses

Saat memilih suatu proses, terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan seperti bahan baku yang digunakan, suhu operasi, panas reaksi dalam keadaan standar, katalis yang digunakan, biaya bahan baku (perkiraan perhitungan ekonomis) dan harga pembuatan produk/kg.

### 1. Pehitungan ekonomi kasar berdasarkan bahan baku yang dibutuhkan

Harga – harga bahan baku dan produk untuk pemilihan proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1:

**Tabel 2.1** Harga Produk dan Bahan Baku

| No | Nama Bahan         | Harga(\$)/ton | Harga (RP)/ton | Harga (Rp)/kg |
|----|--------------------|---------------|----------------|---------------|
| 1  | Asam Akrilat       | 863           | 14.218.762,-   | 14.219,-      |
| 2  | 3-hydroxypropionic | 2.070         | 34.107.000,-   | 34.107,-      |
| 3  | n-Butanol          | 600           | 9.885.583,-    | 9.886,-       |
| 4  | N-Butil Akrilat    | 1.300         | 21.487.000.-   | 21.087,-      |

Keterangan : \*Alibaba.com

Kurs 1\$ = Rp.16.476,- (Bank Indonesia)

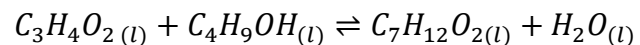
Tanggal Akses 1 Juli 2024

Untuk menghitung perolehan keuntungan kasar atau laba kotor dapat digunakan persamaan berikut ini:

#### a. Pembuatan N-Butil Akrilat dari Asam Akrilat dan n-Butanol

Reaksi dengan konversi Asam Akrilat 95%. Basis 1 kmol reaktan:

Amberlyst-15



BM (kg/kmol) =      72                      74                      128                      18

Yield yang dihasilkan = 99%

Kapasitas produksi      = 55.000 ton/tahun

Waktu Produksi      = 330 hari

Massa  $C_7H_{12}O_2$       =  $\frac{55.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$

= 6.944,44 kg/jam

Untuk kapasitas produksi n-butil akrilat sebesar 6.944,44 kg/jam dengan konversi 95% (US patent: 20.050.059.837, 2005). maka jumlah kmol n-butil akrilat/jam yang dihasilkan adalah sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Mol } C_7H_{12}O_2 &= \frac{\text{Massa } C_7H_{12}O_2}{\text{BM } C_7H_{12}O_2} \\ &= \frac{6.944,44 \text{ kg/jam}}{128 \text{ kg/kmol}} \\ &= 54,250 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Konversi} = \frac{\text{mol yang bereaksi}}{\text{mol mula-mula}}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Mula-mula} &= \frac{\text{mol yang bereaksi}}{\text{konversi}} = \frac{54,250 \text{ kmol/jam}}{95\%} \\ &= 57,109 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

Maka,

|   |                                                                           |        |        |        |
|---|---------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
|   | $C_3H_4O_2(l) + C_4H_9OH(l) \rightleftharpoons C_7H_{12}O_2(l) + H_2O(l)$ |        |        |        |
| M | 57,109                                                                    | 71,386 |        |        |
| B | 54,253                                                                    | 54,253 | 54,253 | 54,253 |
| S | 2,855                                                                     | 17,133 | 54,253 | 54,253 |

### Asam Akrilat ( $C_3H_4O_2$ )

Umpan segar Asam Akrilat (Kemurnian 99%)

$$\text{BM } C_3H_4O_2 = 72 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol } C_3H_4O_2 \text{ awal} = 57,109 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } C_3H_4O_2 &= \text{mol } C_3H_4O_2 \times \text{BM } C_3H_4O_2 \\ &= 57,109 \text{ kmol/jam} \times 72 \text{ kg/kmol} \\ &= 4.111,842 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } C_3H_4O_2 &= 4.111,842 \text{ kg/jam} / 0,99 \\ &= 4.153,376 \text{ kg/jam} \\ &= 32.894.736,84 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga C}_3\text{H}_4\text{O}_2 &= \text{massa C}_3\text{H}_4\text{O}_2 \times \text{harga C}_3\text{H}_4\text{O}_2 \\
 &= 32.894.736,84 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp. 14.219} \\
 &= \text{Rp. 467.722.437.828,95- /tahun}
 \end{aligned}$$

### **n-Butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH)**

Umpan segar Butanol (Kemurnian 99%)

$$\text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} = 74 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_9\text{OH awal} = 71,386 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{mol C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} \\
 &= 71,386 \text{ kmol/jam} \times 74 \text{ kg/kmol} \\
 &= 5.282,57 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= 5.282,575 \text{ kg/jam} / 0,99 \\
 &= 5.229,75 \text{ kg/jam} \\
 &= 41.419.613,49 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{massa C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{harga C}_4\text{H}_9\text{OH} \\
 &= 41.419.613,49 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp.9.886} \\
 &= \text{Rp. 409.456.985.532- /tahun}
 \end{aligned}$$

### **N-Butil Akrilat (C<sub>7</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>)**

$$\text{BM C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 = 128 \text{ kg/kmol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 &= 55.000 \text{ ton/tahun} \\
 &= 55.000.000 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 &= \text{massa C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 \times \text{harga C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 \\
 &= 55.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp. 21.487}
 \end{aligned}$$

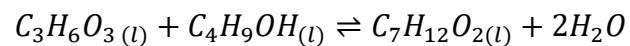
$$= \text{Rp. } 1.181.785.000.000,- / \text{tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Ep/profit} &= \text{Harga Jual Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= \text{Rp. } 1.181.785.000.000 - \text{Rp. } 877.179.423.361,43- \\ &= \text{Rp. } 304.605.576.638,57- \end{aligned}$$

**b. Pembuatan N-Butil Akrilat dari 3-Hydroxypropionic Acid dan n-Butanol**

Reaksi dengan konversi 3-hydroxypropionic 99,5%. Basis 1 kmol reaktan:

p-toluenesulfonic acid



$$\text{BM (kg/kmol)} = \begin{array}{cccc} 90 & 74 & 142 & 32 \end{array}$$

$$\text{Kapasitas produksi} = 55.000 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Waktu Produksi} = 330 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_7H_{12}O_2 &= \frac{55.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 6.944,444 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

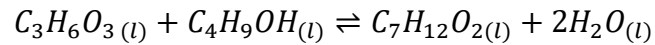
Untuk kapasitas produksi n-butil akrilat sebesar 6.944,444 kg/jam dengan konversi 70% (Strehlke, 1975) sehingga jumlah kmol/jam n-butil akrilat yang dihasilkan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_8H_{14}O_2 &= \frac{\text{Massa } C_8H_{14}O_2}{\text{BM } C_8H_{14}O_2} \\ &= \frac{6.944,444 \text{ kg/jam}}{128 \text{ kg/kmol}} \\ &= 54,253 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Konversi} = \frac{\text{mol yang bereaksi}}{\text{mol mula-mula}}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Mula-mula} &= \frac{\text{mol yang bereaksi}}{\text{konversi}} = \frac{54,253 \text{ kmol/jam}}{99,5\%} \\ &= 77,505 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

Maka,



|   |         |         |        |         |
|---|---------|---------|--------|---------|
| M | 77,505  | 77,505  | -      | -       |
| B | 54,253  | 54,253  | 54,253 | 108,507 |
| S | 23,2515 | 23,2515 | 54,253 | 108,507 |

### 3-Hydroxypropionic Acid (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)

Umpan segar Asam Akrilat (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM C}_3\text{H}_6\text{O}_3 = 90 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \text{ awal} = 77,505 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_3\text{H}_6\text{O}_3 &= \text{mol C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \times \text{BM C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \\ &= 77,505 \text{ kmol/jam} \times 90 \text{ kg/kmol} \\ &= 6.975,446 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_3\text{H}_6\text{O}_3 &= 6.975,446 \text{ kg/jam} / 0,995 \\ &= 7.010,4989 \text{ kg/jam} \\ &= 55.523.151.4716 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_3\text{H}_6\text{O}_3 &= \text{massa C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \times \text{harga C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \\ &= 55.523.151.4716 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}34.107 \\ &= \text{Rp. } 1.893.728.127.243,36 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

**N Butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH)**

Umpan segar Butanol (Kemurnian 99%)

$$\text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} = 74 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_9\text{OH awal} = 77,505 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{mol C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 77,505 \text{ kmol/jam} \times 74 \text{ kg/kmol} \\ &= 5.735,367 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= 5.735,367 \text{ kg/jam} / 0,99 \\ &= 5.678,013 \text{ kg/jam} \\ &= 44.969.866,071 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{massa C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{harga C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 44.969.866,071 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp.9.732,6-} \\ &= \text{Rp. 444.553.298.578,13- /tahun} \end{aligned}$$

**N-Butil Akrilat (C<sub>7</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>)**

$$\text{BM C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 = 128 \text{ kg/kmol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 &= 55.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 55.000.000 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 &= \text{massa C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 \times \text{harga C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 \\ &= 55.000.000 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp. 21.487-} \\ &= \text{Rp. 1.181.785.000.000,- /tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ep/profit} &= \text{Harga Jual Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= \text{Rp 1.181.785.000.000-} \\ &\quad \text{Rp2.338.281.425.821,48} \\ &= \text{Rp. -1.156.496.425.821,48-} \end{aligned}$$

### 2.3 Pemilihan proses meninjau dari panas reaksi ( $\Delta H$ )

$\Delta H$  menunjukkan adanya panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia, misalnya pada reaksi yang membentuk produk berupa N-butil Akrilat. Besar kecilnya nilai  $\Delta H$  tersebut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan atau dihasilkan.  $\Delta H$  yang mempunyai nilai positif (+) menunjukkan reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar  $\Delta H$  maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan  $\Delta H$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama reaksi berlangsung. Nilai  $\Delta H$  di tiap reaksi perlu dihitung untuk menentukan apakah reaksi tersebut bersifat menghasilkan panas atau memerlukan panas.

**Tabel 2.2** Nilai  $\Delta H_{f(298)}$  bahan baku dan produk

| Komponen                | $\Delta H_{f(298)}$ (kJ/mol) |
|-------------------------|------------------------------|
| Asam Akrilat            | -336,23                      |
| n-Butanol               | -274,43                      |
| 3-Hydroxypropionic acid | -621,00                      |
| Air                     | -241,80                      |
| n-Butil Akrilat         | -395,05                      |

(Yaws, 1999)

$$\Delta H_{Rx} = \Delta H_R + \Delta H_{Rx(298)} + \Delta H_p \dots \dots \dots (2.1)$$

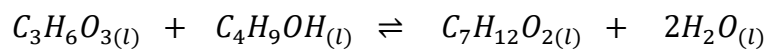
$$\Delta H_R(298) = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \dots \dots \dots (2.5)$$

#### a. N-Butil Akrilat dari Asam Akrilat dan N-Butanol

$$\begin{aligned}
 C_3H_4O_2(l) + C_4H_9OH(l) &\rightleftharpoons C_7H_{12}O_2(l) + H_2O(l) \\
 \Delta H_R(298K) &= (\Delta H_f C_7H_{12}O_2 + \Delta H_f H_2O) - (\Delta H_f C_3H_4O_2 + \\
 &\quad \Delta H_f C_4H_9OH) \\
 &= (-395,05 - 241,80) - (-336,23 - 274,43)
 \end{aligned}$$

$$= -26,19 \text{ kJ/mol}$$

**b. N-Butil Akrilat dari 3-Hydroxypropionic Acid dan N-Butanol**



$$\begin{aligned}\Delta H_R(298K) &= (\Delta H_f C_7H_{12}O_2 + \Delta H_f 2H_2O) - (\Delta H_f C_3H_6O_3 + \\ &\quad \Delta H_f C_4H_9OH) \\ &= (-395,05 - (2 \times 241,80)) - (-621 - 274,43) \\ &= 16,78 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

## 2.4 Pemilihan proses meninjau dari energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )

$\Delta G^\circ$  menunjukkan apakah suatu reaksi kimia terjadi secara spontan atau tidak. Nilai positif (+)  $\Delta G^\circ$  menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga diperlukan energi tambahan dari luar. Sedangkan  $\Delta G^\circ$  negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi dapat berlangsung secara spontan dan memerlukan energi yang sedikit. Oleh karena itu, semakin kecil atau semakin negatif  $\Delta G^\circ$ , semakin baik reaksinya karena energi yang dibutuhkan untuk terjadi secara spontan semakin rendah.

**Tabel 2.3** Nilai  $\Delta G_{f(298)}$  bahan baku dan produk

| Komponen                | $\Delta G_{f(298)} \text{ (kJ/mol)}$ |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Asam Akrilat            | -286,06                              |
| n-Butanol               | -150,67                              |
| 3-Hydroxypropionic acid | -516,00                              |
| Air                     | -227,36                              |
| n-Butil Akrilat         | -233,00                              |

(Yaws, 1999)

$$\Delta G_{Rx} = \Delta G_R + \Delta G_{Rx(298)} + \Delta G_p \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\Delta G_R(298) = \Delta G_f \text{ produk} - \Delta G_f \text{ reaktan} \dots \dots \dots (2.5)$$

**a. N-Butil Akrilat dari Asam Akrilat dan N-Butanol**

$$\begin{aligned}
 C_3H_4O_2(l) + C_4H_9OH(l) &\rightleftharpoons C_7H_{12}O_2(l) + H_2O(l) \\
 \Delta G^{\circ}_{R\ 298} &= \Delta G^{\circ}_{\text{produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{reaktan}} \\
 \Delta G^{\circ}_{R\ 298} &= (\Delta G^{\circ}_{f\ 298}\ C_7H_{12}O_2 + \Delta G^{\circ}_{f\ 298}\ H_2O) - (\Delta G^{\circ}_{f\ 298}\ C_3H_4O_2 + \Delta G^{\circ}_{f\ 298}\ C_4H_9OH) \\
 &= (-233,0 - 227,36) - (-286,06 - 150,67) \\
 &= -23,63\ \text{kJ/mol}
 \end{aligned}$$

**b. N-Butil Akrilat 3-Hydroxypropionic Acid dan N-Butanol**

$$\begin{aligned}
 C_3H_6O_3(l) + C_4H_9OH(l) &\rightleftharpoons C_7H_{12}O_2(l) + 2H_2O(l) \\
 \Delta G^{\circ}_{R\ 298} &= \Delta G^{\circ}_{\text{produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{reaktan}} \\
 \Delta G^{\circ}_{R\ 298} &= (\Delta G^{\circ}_{f\ 298}\ C_7H_{12}O_2 + \Delta G^{\circ}_{f\ 298}\ 2H_2O) - (\Delta G^{\circ}_{f\ 298}\ C_3H_6O_3 + \Delta G^{\circ}_{f\ 298}\ C_4H_9OH) \\
 &= (-233,0 - (2 \times -227,36)) - (-516,00 - 150,67) \\
 &= -21,05\ \text{kJ/mol}
 \end{aligned}$$

**Tabel 2.4** Perbandingan proses produksi N-Butil Akrilat

| No. | Keterangan                  | Proses I                   | Proses II                              |
|-----|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| 1   | Bahan Baku                  | Asam Akrilat dan N-Butanol | Asam 3-hidroksipropinoat dan N-Butanol |
| 2.  | Konversi                    | 95%                        | 70%                                    |
| 3.  | $\Delta G^{\circ}_{R\ 298}$ | -26,19                     | 16,78                                  |
| 4.  | $\Delta H_R$                | -23,63                     | -21,05                                 |
| 5.  | Suhu Reaksi                 | 90°C                       | 120 °C                                 |
| 6.  | Tekanan Operasi             | 1 atm                      | 1 atm                                  |
| 7.  | Keuntungan (Rp/Tahun)       | 304.605.576.638,57-        | -1.156.496.425.821,48-                 |

Dengan mempertimbangkan kedua jenis proses di atas, maka pada rancangan awal pabrik N-Butil Akrilat dipilih proses dengan bahan baku Asam Akrilat dan n-Butanol dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Konversi proses 1 lebih tinggi yaitu 95%.
2. Reaksi proses 1 berlangsung spontan yang ditunjukkan oleh  $\Delta G^{\circ}_{R\ 298}$  lebih kecil dari nol/negatif (-) sebesar -26,19 kJ/kmol, sedangkan proses 2 secara tidak spontan ditunjukkan oleh  $\Delta G^{\circ}_{R\ 298}$  lebih besar dari nol/positif (+) sebesar 16,78.
3. Dari segi ekonomi, proses I lebih menguntungkan dibandingkan dengan dua proses lainnya yang didasarkan oleh perhitungan ekonomi kasar, keuntungan yang didapat sebesar Rp. 304.605.576.638,57-tahun.

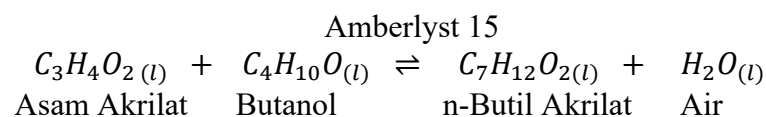
## 2.5 Uraian Proses

### 1. Unit Persiapan Bahan Baku

Asam Akrilat dari tangki penyimpanan (ST-101) pada suhu 30°C kemudian dialirkan ke dalam *heat exchanger* (HE-101) untuk menaikkan suhunya menjadi 90°C yang kemudian dimasukkan ke reaktor (RE-201) melalui pompa (PP-101). Reaktan lainnya yaitu N-Butanol dipompa masuk ke dalam reaktor yang berisi katalis Amberlyst-15 dengan dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu 90°C.

### 2. Pembentukan N-Butil Akrilat

Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah sebagai berikut:



Reaktor berlangsung isothermal pada suhu 90°C dan tekanan atmosferis 1 atm (US.Patent No. 0059837, 2005).

Di dalam reaktor akan terjadi reaksi antara n-Butanol dan Asam Akrilat menghasilkan n-Butil Akrilat. reaktor yang digunakan adalah fixed-bed reactor

### **3. Pemurnian Produk**

Produk keluar Reaktor (RE-201) merupakan campuran n-butyl acrylate, butanol, air dan asam akrilat. Produk keluar Reaktor (RE-201) merupakan campuran n-butyl acrylate, butanol, air dan asam akrilat. Campuran dari reaktor dialirkan ke kolom distilasi (DC-101) untuk memisahkan air (produk samping) dari n-butyl acrylate dan sisa reaktan. Produk keluaran bawah distilasi dengan panas 140°C adalah campuran kaya n-butyl acrylate, kemudian campuran yang mengandung air dan butanol menjadi produk distilat. Selanjutnya campuran yang mengandung n-butyl acrylate dari kolom distilasi dikirim ke kolom distilasi yang kedua (DC-201) untuk memisahkan produk utama dari sisa reaktan dan pengotor dengan suhu keluaran bawah distilasi sekitar 146°C.

# BAB III

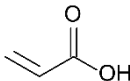
## SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

### 3.1. Spesifikasi Bahan Baku

#### a. Asam Akrilat

Nama Lain = 2-Propenoic acid, prop-2-enoic acid, Propenoic acid (IUPAC)

Rumus Molekul =  $C_3H_4O_2$

Struktur Kimia = 

Berat Molekul = 72.06 g/gmol

Titik Didih = 141 °C

Titik Beku = 14 °C

Suhu Kritis = 429 °C

Tekanan Kritis = 56,60 atm

Densitas = 1,05 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas = 1,3 mPa.s pada 20°C

Bentuk = Cairan

Kemurnian = 99%, 1% H<sub>2</sub>O

Kelarutan dalam air = 250 g/L pada 25 °C

MSDS = 

Hazard statement =  
H302 : Berbahaya jika tertelan  
H312 : Berbahaya jika terkena kulit  
H314 : Menyebabkan kulit terbakar dan kerusakan mata

|                      |   |           |   |                                                                                            |
|----------------------|---|-----------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Precautionary</i> | = | P260      | : | Jangan menghirup asap /gas /uap /semprotan.                                                |
|                      |   | P264      | : | Cuci kulit yang terpapar secara menyeluruh setelah penanganan.                             |
|                      |   | P270      | : | Jangan makan, minum, merokok saat menggunakan produk.                                      |
|                      |   | P280      | : | Kenakan pakaian pelindung, sarung tangan pelindung, pelindung mata, pelindung wajah.       |
|                      |   | P301+P330 | : | Jika tertelan : dapatkan bantuan medis.                                                    |
|                      |   | P301+P330 | : | Jika tertelan : bilas mulut.                                                               |
|                      |   | +P331     |   |                                                                                            |
|                      |   | P302+P352 | : | Jika terkena kulit : cuci dengan banyak air.                                               |
|                      |   | P302+P361 | : | Jika terkena kulit : segera                                                                |
|                      |   | +P354     |   | lepas semua pakaian yang terkontaminasi dan segera bilas dengan air selama beberapa menit. |
|                      |   | P304+P304 | : | Jika terhirup : Pindahkan ke udara segar dan tetap nyaman untuk bernafas.                  |
|                      |   | P305+P354 | : | Jika terkena mata : bilas                                                                  |
|                      |   | +P338     |   | dengan air selama beberapa menit, lepas lensa kontak jika ada dan lanjut membilas.         |
|                      |   | P316      | : | Dapatkan bantuan medis darurat segera.                                                     |
|                      |   | P317      | : | Dapatkan bantuan medis darurat.                                                            |

|                |             |                                                                               |
|----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                | P330        | Bilas mulut.                                                                  |
| <i>Respons</i> | = P362+P364 | : Lepaskan pakaian yang terkontaminasi dan cuci sebelum digunakan kembali.    |
|                | P405        | : Simpan dalam keadaan terkunci.                                              |
|                | P501        | : Buang isi/wadah untuk mematuhi peraturan lokal, negara bagian, dan federal. |
| (Pubchem)      |             |                                                                               |

b. Butanol

Nama Lain = 1-Butanol, n-Butanol, *Butyl Alcohol*, *n-Butyl Alcohol*

Rumus Molekul =  $C_4H_{10}O$

Struktur Kimia = 

Berat Molekul = 74,12 g/mol

Titik Didih = 117,7 °C

Titik Beku = -89,8 °C

Suhu Kritis = 290 °C

Tekanan Kritis = 45 atm

Densitas = 810 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas = 2,544 mPa.s pada 25 °C

Bentuk = Cairan bening

Kemurnian = 99,5%, 0,05% H<sub>2</sub>O

Kelarutan dalam air = 6,35 g/L pada 50 °C

MSDS

=

*Hazard statement* =

- H226 : Cairan dan uap mudah menyala  
 H302 : Berbahaya jika tertelan  
 H315 : Menyebabkan iritasi kulit  
 H318 : Menyebabkan kerusakan mata yang serius  
 H335 : Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan  
 H336 : Dapat menyebabkan mengantuk dan pusing

*Precautionary* =

- P210 : Jauhkan dari panas/percikan/api terbuka/permukaan yang panas. Dilarang merokok.  
 P233 : Jaga wadah tertutup rapat  
 P301+P312 : Jika tertelan : hubungi tenaga medis  
 P303+P361 : Jika terkena kulit : lepas semua pakaian yang terkontaminasi. Bilas kulit dengan air

*Response* =

- P302+P352 : Jika terkena kulit: cuci dengan sabun dan air  
 P305+P351 : Jika terkena mata : bilas dengan seksama dengan air selama beberapa menit  
 +P338  
 P313 : Dapatkan nasehat/perhatian medis

(Pubchem dan Smart-Lab Indonesia)

### 3.2. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang

#### a. Amberlyst-15

Nama Lain = *Amberlystreg; 15 ion-exchange resin,*  
*Vinylbenzenesulfonic acid-divinylbenzene*  
*copolymer*

Rumus Molekul =  $C_{18}H_{18}O_3S$

Struktur Kimia =

Berat Molekul = 314,4 g/mol

Densitas = 1.2 g/mL pada 25 °C

Bentuk = Padat

Kemurnian = >99%, <1% pengotor

Kelarutan dalam air = tidak larut dalam air

MSDS

=



*Hazard Statement* = H315 : Menyebabkan iritasi kulit

*Precautionary* = P264 : Cuci kulit yang terpapar secara menyeluruh setelah penanganan.  
 P280 : Kenakan pakaian pelindung, sarung tangan pelindung, pelindung mata, pelindung wajah.

*Response* = P305+P351 : Menyebabkan iritasi mata  
+P338 and yang serius.  
P337+P317

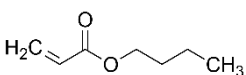
(Pubchem)

### 3.3. Spesifikasi Produk

#### a. N-Butil Akrilat

Nama Lain = *Butyl prop-2-enoate* (IUPAC)

Rumus Molekul =  $C_7H_{12}O_2$

Struktur Kimia = 

Berat Molekul = 128.171 g/mol

Titik Didih = 145 °C

Titik Beku = -64 °C

Densitas = 8,9 g/L pada 20°C

Viskositas = 0,9 mPa.s pada 25 °C

Bentuk = Cairan

Kemurnian = 99%, 1%  $C_7H_{12}O_2$

Kelarutan dalam air = 0,2 g/L pada 25 °C

MSDS

=



H226 : Cairan dan uap yang mudah terbakar

H315 : Menyebabkan iritasi kulit

H317 : Dapat menyebabkan reaksi alergi  
pada kulit

|                         |   |                                                                                                           |
|-------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Hazard Statement</i> | = | H319 : Menyebabkan iritasi mata serius                                                                    |
|                         |   | H335 : Dapat menyebabkan iritasi pernafasan                                                               |
| <i>Precautionary</i>    | = | P210 : Jauhkan dari panas, permukaan yang panas, percikan api, sumber pengapian lainnya. Dilarang merokok |
|                         |   | P233 : Simpan wadah tertutup rapat                                                                        |
| <i>Response</i>         | = | P241 : Gunakan peralatan listrik/ ventilasi/ penerangan tahan ledakan                                     |
|                         |   | P242 : Hanya menggunakan alat yang tidak menimbulkan percikan api                                         |
|                         |   | P243 : Lakukan tindakan pencegahan terhadap muatan listrik statis                                         |
|                         |   | P261 : Hindari menghirup gas/ uap/ semprotan                                                              |
|                         |   | P264 : Cuci tangan segera setelah menangani                                                               |
|                         |   | P271 : Gunakan hanya diluar ruangan atau diarea yang berventilasi baik                                    |
|                         |   | P272 : Pakaian kerja yang terkontaminasi tidak boleh dikeluarkan dari tempat kerja                        |
|                         |   | P280 : Gunakan sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/ pelindung mata/ pelindung wajah                 |
|                         |   | P302+P352 : Jika terkena kulit : cuci dengan banyak air                                                   |
|                         |   |                                                                                                           |

- P305+P351 : Jika terkena mata : bilas  
+P338 dengan air selama beberapa  
menit
- P319 : Dapatkan bantuan medis jika  
merasa tidak sehat
- P332+P317 : Jika terjadi iritasi kulit :  
dapatkan bantuan medis
- P362+P364 : Lepaskan pakaian yang  
terkontaminasi dan cuci  
sebelum digunakan kembali
- P370+P378 : Jika terjadi kebakaran :  
gunakan alat pemadam  
kebakaran untuk  
memadamkan

## **BAB X**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik n-Butil Akrilat dari Asam akrilat dan n-Butanol dengan kapasitas 55.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 44,70%
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 1,59 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 49,36% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 26,74% kapasitas produksi, yaitu batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti melakukan produksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 46,53% dimana syarat umum pabrik di minimal 15% lebih besar dari suku bunga bank sekarang, sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

#### **10.2 Saran**

Berdasarkan pertimbangan hasil analisis ekonomi di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik n-Butil Akrilat kapasitas 55.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut dari segi proses maupun ekonominya sebelum didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfa Laval, 2001. Pump Handbook, USA.
- Alibaba. 2024. [www.Alibaba.com](http://www.Alibaba.com). Diakses pada 1 Juli 2024
- Anonim. 2026. [www.matche.com](http://www.matche.com). Diakses pada 15 Januari 2026
- Anna, et al., 2014. Industrial & Engineering Chemistry Research. Reaction Kinetics and Thermodynamic Equilibrium for Butyl Acrylate Synthesis from n-Butanol and Acrylic Acid. American Chemical Society.53, 6647 – 6654.
- Badan Pusat Statistik, 2024. Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor dan Ekspor. Jakarta, Indonesia.
- Bank Indonesia. [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id). Diakses pada 15 Januari 2026
- Brown G. George. 1950. *Unit Operation 6 edition*. Willey & Sons. USA.
- Brownell and Young, 1959. Process Equipment Design. John Willey & Sons, Inc. New York.
- Carl L. Yaws, 1999. Handbook of Chemical Compound Data for Process Safety. Gulf Publishing Company. Huston, Texas.
- CEPCI. 2026. [www.chemengonline.com](http://www.chemengonline.com). Diakses pada 13 Januari 2026
- Chan. Arthur & Seider. Warren D., 2004. Batch Manufacture of Propylene Glycol. Department of Chemical and Biomolecular Engineering. University of Pennsylvania.
- Coulson J. M. and Richardson J. F., 1983. Chemical Engineering Volume 6 1<sup>st</sup> edition Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer. Butterworth-Heinemann. Washington.

- Coulson J. M. and Richardson J. F., 1989. Chemical Engineering Volume 2 5<sup>th</sup> edition Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Darge, et al., 1993. *J.Chem.Tech.Biotechnol.* Kinetics of the Liquid Phase Esterification of Acrylic Acid with Butanol Catalysed by Cation Exchange Resin. 58, 351-355.
- Fogler H. Scott., 1992. Elements of Chemical Reaction Engineering 2<sup>nd</sup> edition. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Geankoplis, Christie J., 1993. Transport Process and Unit Operation 3<sup>th</sup> edition. Allyn & Bacon Inc. New Jersey.
- Himmelblau David, 1996. Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall. Inc. New Jersey.
- Jawaid et al., 2001. US Patent 9.395.891. Process for The Production and Purification of N-Butyl Acrylate. USA
- Kern, Donald Q., 1965. Process Heat Transfer. Mc. Graw-Hill. New York.
- Lang et al., 2020. US Patent 16.636.703. Process for Continuously Preparing N-Butyl Acrylate or Isobutyl Acrylate. USA.
- McCabe W. L. and Smith J. C., 1985. Operasi Teknik Kimia, Erlangga. Jakarta.
- Perry, Robert H., and Don W. Gree., 2008. Perry's Chemical Engineering Handbook 8<sup>th</sup> edition. Mc. Graw-Hill, New York.
- Powell S., 1954. Water Conditioning for Industry. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Pubchem. 2024. Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov. Diakses tanggal 1 Juli 2024

- Ronald W. Missen, Charles A. Mims and Bradley A. Saville, 1999. Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics. Department of Chemical Engineering Applied Chemistry. University of Toronto. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York.
- Sakakura. 1995. US Patent 5.386.052. Process for Producing Acrylic or Methacrylic Esters. USA.
- Sanna, Aimaro *et al.* 2014. Energy Procedia. 64<sup>th</sup> Edition. Elsevier. Edinburgh, United Kingdom.
- Sert *et al.*, 2013. Elsevier. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. Kinetic Study of Catalytic Esterification of Acrylic Acid with Butanol Catalyzed by Different Ion Exchange Resins. Izmir, Turkey.
- Severn, W. H., Degler, H. E., & Milles, J. C., 1959. Steam, Air and Gas power, 5<sup>th</sup> edition. Jon Wiley and Sons. New York.
- Smith and Van Nes, 2005. Introduction to Chemical Engineering Chemical Process Design and Integration. John Wiley and Sons. New York.
- Timmerhaus *et al.*, 1991. Plant Design and Economic for Chemical Engineering 4<sup>th</sup> edition. Mc. Geaw-Hill Book Company. New York.
- Ulrich G. D., 1984. A Guide to Chemical Engineering Process and Economics. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Wallas, 1990. Chemical Process Equipment. Butterworth-Heinemann. Washington United State of America.