

DESAIN MIXER-SETTLER PADA PRARANCANGAN PABRIK ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE (ABS) DENGAN PROSES EMULSI

Revika Wulandari¹⁾, Sri Helianty²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾ Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Dasar Proses dan Operasi Pabrik
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293
E-mail : revika.wulandari2215@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) is a thermoplastic polymer. Lightness, rigidity, impact resistance, ease of processing, resistance to chemicals and applicable are ABS properties interesting. The base ABS is added methyl methacrylate to enhance the appearance and become a transparent material. The ABS consumption in 2018-2026 tends to increase due to its properties, especially in the lightweight engineering plastics region. Our final project is proposed to design a new ABS plant that meets 10% of domestic ABS needs. This project decreases the country's foreign exchange, and allocates jobs for local labour. Also, ABS domestic strengthens the upstream industries, such as a vehicle and textile. The ABS plant construction is going to hold for three years in 2022-2025, in the Tanjung Buton Industrial Estate. The ABS plant has 115,000 tons/year capacity for emulsion processing, per the average ABS capacity in Asia of 120,000 tons/year. This capacity is to meet domestic needs and the Asia market. The ABS Emulsion Process consists of 3 stages Polybutadiene Synthesis, the grafting polymerization reaction stage and the product separation stage. The main design is the mixer-settler used to separate the remaining CaCl_2 which is still present in the ABS. Technically, the separation process using a mixer-settler consists of 2 stages, namely the extraction stage occurring in the stirred tank and the separation stage occurring in the settler. The mixer-settler equipment was purchased from the Haohua Zhongyi Hebei Advanced composite Co., Ltd manufacturer with a volume used of 133 m^3 , a tank diameter of 18 ft, a total tank height of 24 ft and a rectangular settler used as a settler. The types of heads used are torispherical flanged and dished heads. The material used is Fiberglass Reinforced Plastics ASTM D3299. The resulting ABS product is transparent in the form of pellets as intermediate goods. The pre-designed economic analysis of this factory obtained a Return On Investment (ROI) of 33.17%, a payback period (PBP) of 1.67 years, a BEP of 32% and an IRR of 22.74%. The feasibility analysis shows that the ABS plant project is feasible. With the increasing industrial development in Indonesia, it is estimated that the demand for ABS raw materials in the coming years will also increase.

Keywords : *emulsi, mixer-settler, polymer, thermoplastic.*

1. PENDAHULUAN

Berkembang pesatnya industri plastik dan kemasan di Indonesia memerlukan kehadiran pabrik polimer ABS dalam negeri. Pembangunan pabrik ABS reorientasi pengurangan nilai impor dan menghemat devisa negara. Pemenuhan

kebutuhan ABS Indonesia dari ABS impor, dengan didirikannya pabrik ABS diharapkan jumlah impor dapat dikurangi. Diproyeksikan produksi ABS dapat melebihi kebutuhan dalam negeri untuk diekspor. Pendirian pabrik ABS meningkatnya ke daya saing industri hilir Indonesia, maka sejalan dengan

peningkatan permintaan ABS setelah tahun 2025.

Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) merupakan kopolimer hasil polimerisasi *styrene* dan *acrylonitrile* dengan polibutadiena (Kulich dkk., 2001). *Acrylonitrile* adalah monomer sintesis yang stabil pada suhu -20°C hingga 100°C dan tahan terhadap bahan kimia yang bersifat korosif. Monomer *Styrene* memiliki sifat kaku (*rigidity*). Penggabungan monomer *styrene* dengan monomer *butadiene* menghasilkan polimer ABS dengan sifat *toughness* dan *impact resistance* (McKeen, 2016).

Salah satu jenis ABS ialah ABS dengan penambahan *methyl methacrylate* yang menghasilkan ABS transparan. ABS ini memiliki *impact resistance* tertinggi dari semua plastik *styrenic* (McKeen, 2016). Selain itu, kelebihan dari ABS transparan ini adalah *processability* dimana ABS akan mudah dimodifikasi sesuai dengan keperluan produk (Yoo dkk., 2005).

Beragam produk plastik yang ringan dan kaku berbahan baku ABS, seperti alat kesehatan, kosmetik, peralatan rumah tangga, lemari, bak mandi, pipa, dan komponen kendaraan (McKeen, 2014). Permintaan ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) cenderung meningkat setiap tahunnya sejalan peningkatan permintaan resin *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) global. Saat ini ABS bernilai USD 26,359 miliar pada 2017, dan diproyeksikan mencapai USD 35,819 miliar pada 2023, dengan CAGR 5,7% selama perkiraan periode 2018-2023. Amerika Utara diperkirakan akan memimpin pasar ABS dikarenakan perkembangannya yang cepat di industri otomotif dan keramik.

Diprediksi 2026 pasar *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) global mencapai USD 44,19 miliar menurut laporan dan

data. Pandemi *Corona virus* (COVID-19) telah mempengaruhi setiap perspektif kehidupan secara global. Laporan ini memberikan informasi dari industri *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dalam hal aplikasi, dan teknologi manufaktur. ABS transparan ini dapat digunakan dalam aplikasi medis seperti konektor, rumah dialisis, *filter*, dan komponen transparan dalam *ventilator*. Industri ABS dikenal dengan standar manufaktur yang tinggi, kualitas produk, dan pengemasan yang baik. Pabrik berfokus pada penyediaan perangkat dan peralatan berkinerja tinggi. Plastik rekayasa ini juga dapat digunakan dalam produksi peralatan dapur dan industri mobil. Meningkatnya permintaan plastik rekayasa yang ringan ini, maka diharapkan untuk mendorong permintaan pasar untuk ABS.

Untuk mendapatkan produk ABS dengan kemurnian 99%, maka perlu dilakukan proses ekstraksi dengan menggunakan pelarut, untuk memisahkan ABS dari koagulan dan air. Ekstraktor digunakan pada rancangan ini yang digunakan disini yaitu jenis *Mixer Settler*. Keuntungan digunakan *mixer-settler* dalam proses pemisahan yaitu karena sirkulasi aliran massa kedua fase (fase berat dan fase ringan) dapat diatur sehingga tidak terjadi arus pintas dan *back mixing* (Takahashi dkk, 1993). *Mixer-settler* yang digunakan pada proses pemisahan ini diperoleh dari fabrikasi Haohua Zhongyi Hebei Advanced composite Co., Ltd dengan kapasitas alat yang tersedia di fabrikasi yaitu 0,5–5000 m³. *Mixer-settler* dilengkapi dengan tangki, pengaduk, *settler*, *flange*, *nozzle*, *manhole* dan penyangga.

2. Bahan Baku dan Bahan Penunjang Proses

Berikut spesifikasi bahan baku dan bahan penunjang untuk produksi ABS :

2.1 1,3 Butadiene

1,3-Butadiena merupakan bahan baku yang digunakan dalam sintesis Polibutadiena. 1,3-Butadiena di pasok dari perusahaan SABIC. Butadiena yang dipasok dalam fasa cair bening dengan tekanan vakum, memiliki bau aromatik, dengan kemurnian 99,5% dan berat molekul 54,09 gr/mol. Adapun pelarut yang sesuai yaitu alkohol dan eter.

Untuk memperoleh polibutadiena, dilakukan dalam 4 tahapan proses. Bahan-bahan yang digunakan yaitu butadiena 45%wt, air 52,11%wt, *potassium abietate* 1,1%wt, *potassium oleate* 1,4%wt (sebagai zat pengemulsi), *tert-dodecyl merkaptan* 0,15%wt, *potassium carbonate* 0,15%wt dan *potassium persulfat* sebanyak 0,1%wt. Proses reaksi dilakukan menggunakan reaktor *batch stirred tank* dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan suhu reaksi yang berbeda-beda dan berkisar antara 60-80°C sesuai tahapan reaksi. Maka dihasilkan polibutadiena dengan viskositas 180 cp dan *specific gravity* sebesar 0,91.

2.2 Acrylonitrile

Pada proses produksi ABS ini, digunakan *acrylonitrile* yang dipasok dari perusahaan INEOS dengan kemurnian 99,47%. *Acrylonitrile* yang digunakan fasa cair dan memiliki bau yang menyengat dengan pH 6,0-7,5. Adapun sifat fisik dari *acrylonitrile* yang digunakan yaitu memiliki densitas 799,1-802,2 kg/m³, viskositas sebesar 0,2267 cp dan *specific gravity* sebesar 0,8075. *Acrylonitrile* juga memiliki rentang suhu destilasi sebesar 74,2°C – 78,8°C. Monomer *acrylonitrile*

ini merupakan salah satu bahan utama yang digunakan dalam proses ABS.

2.3 Styrene

Styrene untuk proses produksi ABS dipasok dari perusahaan Chevron Phillips Chemical Company. *Styrene* yang digunakan memiliki kemurnian 99,9%, berat molekul 104,153 g/mol, viskositas 0,3915 cp, *specific gravity* 0,909 dan warna maksimum 10 skala Pt-Co.

2.4 Metil Metakrilat

Pada proses pembuatan ABS, metil metakrilat merupakan bahan yang digunakan untuk membuat ABS transparan. Metil metakrilat yang digunakan yaitu berbentuk cairan, memiliki kemurnian 99,9%, dan berat molekul 100,12 gr/mol (McKeen, 2016)

2.5 Koagulan

Pada proses produksi ABS, digunakan kalsium klorida sebagai koagulan. Kalsium klorida yang digunakan berbentuk *granule* berwarna putih dengan kemurnian 94%. Kalsium Klorida memiliki berat molekul sebesar 147,01 gr/mol. Adapun komponen yang terkandung didalam kalsium klorida yaitu *calcium*, *water* dan *hydrochloric acid* (Pubchem, 2005).

2.6 Emulsifier

2.6.1 Potassium Abietate

Pada proses produksi ABS, digunakan bahan *Potassium Abietate* yang digunakan sebagai zat pengemulsi dalam proses produksi polibutadiena. *Potassium Abietate* yang digunakan berbentuk padatan (bubuk) berwarna putih memiliki kemurnian 99,5%. Selain itu, *Potassium Abietate* memiliki berat molekul sebesar 340,5 gr/mol an pH 3,2 (Pubchem, 2008).

2.6.2 Potassium Oleate

Pada proses produksi ABS, digunakan *potassium oleate* sebagai *emulsifier*. *Potassium Oleat* yang digunakan berbentuk padatan Kristal berwarna kuning kecoklatan yang memiliki kemurnian 87%. *Potassium Oleat* juga memiliki berat molekul sebesar 320,6 gr/mol. Adapun komponen yang terkandung didalam *potassium oleat* yaitu *potassium* dan asam oleat (Pubchem, 2008)

2.6.3 Sodium Pirofosfat

Pada proses produksi ABS, digunakan sodium pirofosfat sebagai *emulsifier* yang berbentuk bubuk (*powder*) berwarna putih. Sodium Pirofosfat yang digunakan memiliki kemurnian 99,9983%, berat molekul sebesar 265,90 gr/mol dan pH berkisar 9,9-10,8 (Pubchem, 2004).

2.7 Inisiator

Pada proses produksi ABS, digunakan bahan *cumene hydroperoxide* sebagai inisiator radikal bebas. *Cumene hydroperoxide* yang digunakan berbentuk cairan (*liquid*) berwarna bening memiliki kemurnian 90%, berat molekul sebesar 152,19 gr/mol serta pH nya berkisar 4-8.

3. Spesifikasi Produk

Produk yang diinginkan yaitu ABS transparan yang memiliki ketahanan terhadap benturan, bahan kimia dan suhu tinggi. Dimana pada proses produksi ABS ini yang berpengaruh besar terhadap produk transparan yang dihasilkan yaitu indeks bias. Dengan mengontrol rasio pencampuran dari senyawa metakrilat, vinil, dan monomer vinil sianida dapat meminimalisir turunnya transparansi. Jika perbedaan indeks bias 0,005 atau lebih, maka transparansi akan turun. Maka dari

itu diperlukan untuk mengontrol rasio monomer-monomer. Indeks bias dari monomer-monomer yang digunakan yaitu Polibutadiena 1,518, metil metakrilat 1,49, styrene 1,59, dan *acrylonitrile* 1,518. Adapun spesifikasi Produk ABS yang dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Produk ABS

Spesifikasi	Keterangan
Bentuk	Pelet
Warna	Transparan (tidak berwarna)
Panjang	± 1 cm
Diameter	± 0,5 cm
Haze	2,1%
Elongation (150°C)	1900
Kondisi permukaan produk	Halus
Toughness	200-215 J/m
Strength at Yield	29,6 – 48 MPa
Modulus Young	1,79 – 3,2 GPa
Flexibility	1,6 – 2,4 GPa
Uji impact resistance	16
Tingkat kelembapan	< 0,1%

(Sumber : Yoo dkk., 2004)

4. Metodologi Desain *mixer-settler* pada Prarancangan Pabrik ABS

Adapun langkah- langkah dalam mendesain *mixer-settler* adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan sumber data pendukung pendirian pabrik dan proses produksi yang akan dilakukan serta data-data untuk desain *mixer-settler*.
2. Perhitungan neraca massa dan Energi pada unit *mixer-settler*
3. Perhitungan desain jaringan alat penukar panas dan massa.
4. Pengumpulan sumber data pendukung yang dipakai dalam desain seperti spesifikasi alat dari pabrikasi

5. Perhitungan desain *mixer-settler* dan aksesoris pendukung

5. Desain Alat Utama *Mixer-settler* (EC-101)

ABS murni dapat diperoleh dengan pencucian menggunakan air untuk menghilangkan residu koagulan dengan menggunakan *mixer-settler* (EC-101). *Input mixer-settler* yaitu terdiri dari aliran 45 yang merupakan keluaran dari sentrifugator 44572,31 kg/jam dan aliran 46 yang merupakan *pure solvent* 89144,62 kg/jam. Adapun *output* dari *mixer-settler* ini terdiri dari 2 aliran, aliran 47 dan aliran 48. Aliran 48 terdiri dari *polibutadiene* 0,069%, *styrene* 0,061%, *acrylonitrile* 0,00013%, ABS 0,51%, air 0,36% dan kalsium klorida 0,00069%, sementara aliran 47 terdiri dari kalsium klorida 0,076% dan air 0,92%. Secara teknis rancangan *mixer-settler* terdiri dari 2 bagian yaitu bagian untuk proses ekstraksi terjadi didalam tangki berpengaduk dan bagian pemisahan terjadi didalam *settler*.

Peralatan yang digunakan pada perancangan ini dibeli dari fabrikasi alat yang menyediakan *mixer-settler* yaitu Haohua Zhongyi Hebei Advanced composite Co., Ltd. *Mixer settler* yang digunakan dengan kapasitas 0,5–5000 m³ dengan tinggi dan diameter 50-2500 mm. Jenis material yang digunakan yaitu *Fiberglass Reinforced Plastics* ASTM D3299. Pemilihan konstruksi ini didasarkan pada sifat bahan yang akan disimpan dan biaya yang lebih murah. *Mixer settler* tipe FRP ini dapat digunakan untuk proses pemisahan dengan menggunakan pelarut. Perancangan *mixer-settler* dilakukan atas beberapa tahapan, yakni :

5.1 Menentukan Dimensi *Mixer*

Sebelum menentukan dimensi *mixer*, dilakukan terlebih dahulu menghitung volume kerja. Volume kerja merupakan volume yang ditempati oleh fluida kerja. Untuk mencari volume kerja digunakan data-data seperti laju alir massa dan densitas. Pada penentuan volume design tangki digunakan *over design* sebesar 20% (Timmerhause, 1991). Waktu tinggal pada proses ini sebesar 1,2 jam. Waktu tinggal digunakan untuk menghitung volume tangki yang digunakan disesuaikan dengan diameter dan tinggi tangki yang tersedia di tempat pembelian alat. Diameter tangki yang digunakan untuk kapasitas tangki 133 m³ yaitu 18 ft (240 in), dengan tinggi total tangki 24 ft.

Pada perancangan ini tekanan kerja yang digunakan yaitu 14,7 psi dan tekanan desain sebesar 24,73 psi. Maka dari itu bentuk atap yang digunakan adalah *torispherical flanged and dished head*. Jenis *head* ini untuk mengakomodasi kemungkinan naiknya temperatur di dalam tangki sehingga mengakibatkan naiknya tekanan dalam tangki, karena naiknya temperatur lingkungan menjadi lebih dari 1 atm. Untuk *torispherical flanged and dished head*, mempunyai rentang *allowable pressure* antara 15 psig (1,0207 atm) sampai dengan 200 psig (13,6092 atm) (Brownell and Young, 1959).

Pada perancangan ini *impeller* pengaduk yang digunakan yaitu jenis *six pitched blade turbine*. Karena dapat digunakan untuk campuran berviskositas <10.000 cp (Geankoplis, 1993) dan cocok untuk pengadukan *suspensi solid* (Wallas, 1990). Material sumbu pengaduk yang digunakan yaitu *commercial cold rolled steel*. Pada perancangan ini juga digunakan

conical pump untuk memindahkan aliran yang berada didalam *mixer* ke *settler*

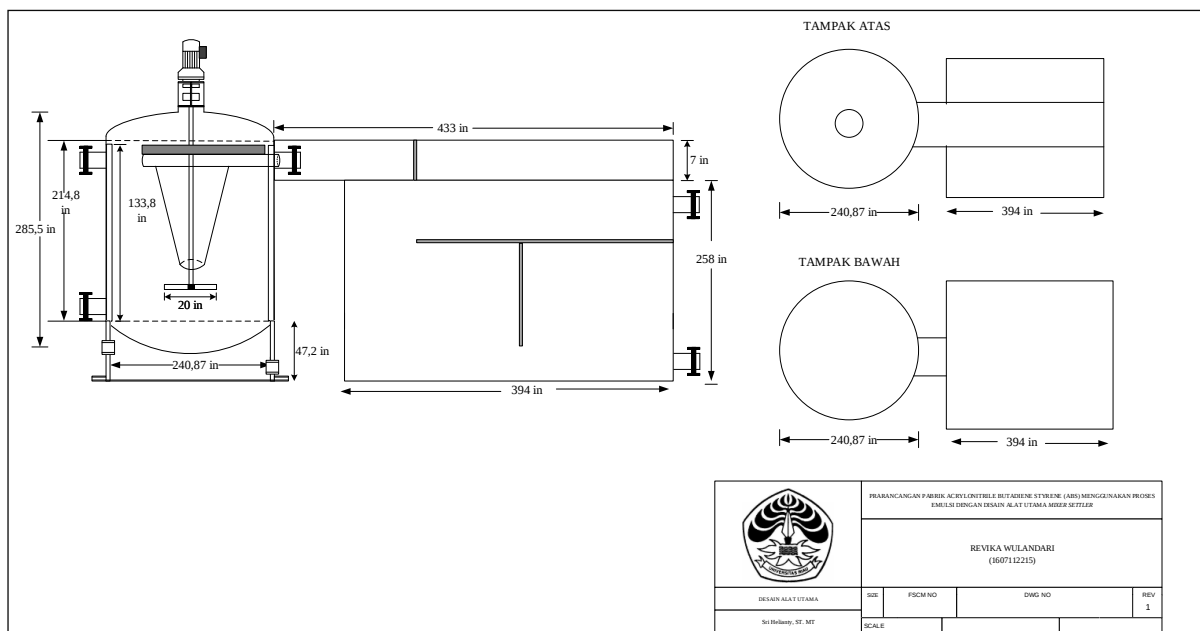
5.2 Menentukan Dimensi Settler

Jenis *settler* yang digunakan pada rancangan ini yaitu *settler rectangular* sesuai dengan yang tersedia di pabrikasi pembelian alat. Untuk dimensi *settler*, lebarnya sama dengan lebar tangki berpengaduk dan panjangnya tergantung dengan laju alir di dalam *settler*.

5.3 Aksesoris Pendukung

Pada perancangan ini digunakan *flange* jenis *Slip-on flanges* dengan material yang digunakan ANSI B16.5 *Carbon steel* yang cocok digunakan untuk tangki berpengaduk dengan material FRP. Adapun material gasket yang digunakan yaitu *Corrugated metal, soft aluminium*. Material *flange* ini telah digunakan secara

luas, mudah dalam pengelasan dan biaya awalnya rendah. Kemudian, material *nozzle* yang digunakan yaitu SS-316, dan spesifikasi *nozzle* ditentukan dari kapasitas aliran cairannya. Spesifikasi *nozzle* yang digunakan yaitu menggunakan *nozzle* standar berdasarkan buku brownell and young dan disesuaikan dengan hasil Desain dimensi tangki berpengaduk dan *settler*. Pada perancangan ini spesifikasi *manhole* yang digunakan yaitu berdasarkan buku brownell and young dengan ukuran *manhole* 20 in.



Gambar 4.1 Desain Alat Utama *Mixer-settler*

6. Analisa Ekonomi

Pada perancangan ini analisa ekonomi digunakan untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi dari suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan

modal investasi, besarnya keuntungan yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Evaluasi ekonomi ini meliputi harga alat,

biaya operasi, biaya investasi dan analisa kelayakan. Harga alat-alat proses yang digunakan pada rancangan pabrik ABS ini diperoleh dari situs fabrikasi yang ada, yang menyediakan alat dikarenakan harga alat mengalami perubahan setiap tahunnya.

Dari analisa ekonomi diperoleh *Percent Return On Investment* (% ROI) sebesar 33,17%, *Payback period* (PBP) diperoleh sebesar 1,67 tahun, BEP diperoleh sebesar 32% dan IRR diperoleh sebesar 22,74%. Dari hasil analisa kelayakan ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik ABS sudah layak didirikan.

7. Kesimpulan

Prarancangan pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dengan Proses Emulsi dengan kapasitas 115.000 ton/tahun ini akan direncanakan di Tanjung Buton, Siak, Provinsi Riau. Bahan baku utama yang digunakan dalam produksi ABS yaitu *Acrylonitrile*, *Butadiene*, *Styrene* dan Metil Metakrilat.

Dari jurnal ini, dapat disimpulkan bahwa desain alat utama berupa ekstraktor digunakan untuk memisahkan sisa CaCl_2 yang masih terdapat dalam ABS. Proses pemisahan menggunakan *mixer-settler* terdiri dari 2 tahap yaitu tahap ekstraksi yang terjadi di tangki berpengaduk dan tahap pemisahan yang terjadi di *settler*. Peralatan *mixer-settler* dibeli dari pabrikasi Haohua Zhongyi Hebei Advanced composite Co., Ltd dengan volume yang digunakan 133 m^3 , diameter tangki 18 ft, tinggi tangki total 24 ft dan *settler* yang digunakan jenis *rectangular settler*. Jenis *head* yang digunakan yaitu *torispherical flanged* dan *dished*. Material yang digunakan adalah *Fiberglass Reinforced Plastics* ASTM D3299.

Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi prarancangan pabrik ini diperoleh *Percent Return On Investment* (% ROI) sebesar 33,17%, *Payback period* (PBP) diperoleh sebesar 1,67 tahun, BEP diperoleh sebesar 32% dan IRR diperoleh sebesar 22,74%. Dari hasil analisa kelayakan ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik ABS sudah layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1979, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Chevron Phillips Chemical. (2004). *Styrene Monomer*. Texas.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1989, "Chemical Engineering", vol 6., Pergamon Press, Oxford.
- Dahlmann, M., Grub, J. & Loser, E. (2013). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Jerman: Wiley.
- Fink, J.K. (2010). *Handbook of Engineering and Speciality Thermoplastics: Polyolefins and Styrenics*. USA: Scrivener Publishing LLC.
- Fisk, P.R., Girling, A.E., McLaughlin, L. & Wildey, R.J. (2005). *Tert-Dodecanethiol*. UK.
- FMC Corporation. (2001). *Persulfate Technical Information*. USA.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations* 3 rd edition. Prentice Hall : New Jersey.
- Ineos. (2016). *Specification Acrylonitrile*. Europe.
- James, D.H. & Castor, W.M. (2005). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. USA: Wiley.
- Kirk & Othmer. (1991). *Acrylonitrile–Butadiene–Styrene Encyclopedia*

- of Chemical Technology (4th ed.). USA: Wiley.
- Kulich, D.M., Gaggar, S.K., Lowry, V. & Stepan, R. (2001). Acrylonitrile–Butadiene–Styrene Polymers Encyclopedia of Polymer Science and Technology (3th ed.). USA: Wiley.
- Kulich, D.M., Gaggar, S.K., Lowry, V. & Stepan, R. (2003). Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. USA: Wiley.
- Loba Chemie. (2017). Sodium Oleate. November 3, 2019. <https://www.lobachemie.com/Laboratory-Chemicals5958D-SODIUM-OLEATE-CAS-NO-143-19-1.aspx>
- McKeen, L.W. (2014). The Effect of Long Term Thermal Exposure on Plastics and Elastomers. Belanda: Elsevier Inc.
- McKeen, L.W. (2016). Fatigue and Tribological Properties of Plastics and Elastomers (3th ed.). Belanda: Elsevier Inc.
- McKeen, L.W. (2019). The Effect of UV Light and Weather on Plastics and Elastomers (4th ed.). Elsevier Inc.
- Megyesy, Eugene F. 1997, “Pressure Vessel Handbook”, Pressure Vessel Handbook Publishing, Inc.
- Niessner, N. & Wagner, D. (2013). Practical Guide to Structures, Properties and Applications of Styrenic Polymers. Smithers Rapra Technology Ltd. ISBN 978-1-84735-691-8
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1991, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4 th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 2003, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5 th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- PubChem (2008). Potassium Oleat. 31 Agustus, 2020. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Potassium-oleate>
- PubChem (2005). Potassium carbonate. 31 Agustus, 2020. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Potassium-carbonate>
- PubChem (2008). Potassium abietate. 31 Agustus, 2020. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Potassium-abietate>
- PubChem (2005). Dextrose. 31 Agustus, 2020. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dextrose>
- PubChem (2005). Calcium chloride. 31 Agustus, 2020. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calciumchloride>
- Sabic. (2018). 1,3-butadiene. Saudi Arabia.
- Surat Edaran (SE) Menteri Ketenagakerjaan Nomor B-m/308/HI.01.00/X/2019
- Ulrich, G.D., 1984, “A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics”, John Willey and Sons, New York.
- Yoo, K.H., Choi, J.S., Kim, S.H., Bahn, H.M., & Lee, C.H. (2005). Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) Thermoplastic Transparent. USA