

PRARANCANGAN PABRIK POLIAKRILAMIDA DARI AKRILAMIDA DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Irene Tiarasari, Habibie Zulfikar Fays, Salsabilla Kusuma Dewi, Boy Arief Fachri, Helda Wika Amini

S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No. 37, Krajan Timur, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

Email: irenetiarasari701@gmail.com

Abstrak

Berdasarkan data Mordor Intelligence tahun 2019, permintaan poliakrilamida global mencapai 2,916 juta ton, meningkat menjadi 3,9059 juta ton pada tahun 2025. SNF, pabrik poliakrilamida global terbesar, memiliki kapasitas 1,1 juta ton. Potensi Indonesia untuk membangun pabrik poliakrilamida memberikan prospek yang menjanjikan karena persaingan pasar yang luas. Proses produksi poliakrilamida, proses yang dipilih adalah proses polimerisasi pelarut campuran dari bahan baku akrilamida dengan kemurnian akrilamida 98%. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari/tahun. Bahan baku yang dibutuhkan adalah akrilamida sebanyak 11207,6 ton/tahun. Proses produksi dibagi menjadi dua tahap, yaitu proses polimerisasi pelarut campuran dan penguapan. Semua kondisi operasi berjalan pada tekanan 1 atm. Berdasarkan hasil evaluasi analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik Polyacrylamide from Acrylamide dengan kapasitas 10.000 ton/tahun layak dengan rincian Pay Out Time (POT) 4,09 tahun, Rate of Return (ROR) sebesar 21,39%, dan Break Even Point (BEP) sebesar 46,04%.

Kata kunci: Poliakrilamida, Pelarut Campuran, Akrilamida

1. Pendahuluan

Untuk mencapai suatu struktur ekonomi yang kuat diperlukan pembangunan industri untuk menunjang kebutuhan masyarakat akan berbagai jenis produk. Selain berperan dalam penyediaan lapangan kerja bagi masyarakat, pembangunan industri juga akan memperkuat stabilitas suatu negara. Industri berbagai senyawa kimia penting perlu untuk dikembangkan sebagai upaya peningkatan kemandirian nasional. Kebutuhan impor produk maupun bahan baku kimia di Indonesia masih begitu tinggi. Sehingga sektor industri kimia di Indonesia baik industri yang menghasilkan produk jadi atau setengah jadi perlu lebih dikembangkan lagi. Salah satu diantaranya yaitu akrilamida, bahan ini sangat dibutuhkan sebagai bahan dasar untuk berbagai jenis industri karena sifatnya yang mudah dipolimerisasi (Kirk Othmer, 2007).

Poliakrilamida berguna sebagai flokulan pada proses pemisahan padatan halus dalam larutan tersuspensi. Selain itu poliakrilamida juga dapat berfungsi sebagai *thickening agent* bagi air dan sebagai bahan pembantu penyerapan zat warna pada proses pembuatan kertas, minyak dan gas, pertambangan serta pengolahan air. Kegunaan lainnya yang cukup penting yakni sebagai pupuk (Xu et al., 2019).

Pada tahun 2019, total permintaan poliakrilamida dunia mencapai 2,916 juta ton dan total permintaan poliakrilamid meningkat hingga 3,9059 juta ton pada tahun 2025. SNF merupakan pabrik poliakrilamid terbesar di dunia dengan kapasitas 1,1 juta ton per tahun dan bermarkas besar di Perancis (Mordor Intelligence, 2022). Jika melihat prospek masa depan

serta melihat persaingan pasar yang masih luas, maka berdirinya pabrik poliakrilamida di Indonesia memiliki prospek yang sangat menjanjikan. Hal ini dikarenakan pabrik Poliakrilamida belum ada di Indonesia dan bahkan sangat jarang di dunia.

Sejak tahun 1960-an penggunaan industri polimer akrilamida nonionik, kationik, dan amfoter terus meningkat karena sifat kimia dan fisiknya yang unik, toksisitas relatif rendah, dan biaya rendah. Area pasar utama untuk polimer ini adalah pengolahan air, pembuatan kertas, pemrosesan mineral yang meningkatkan pemulihan minyak, dan penyerap super (Hansora, 2014).

Pemulihan minyak yang ditingkatkan merupakan pasar potensial yang besar, tetapi harga minyak yang rendah membatasi pertumbuhan pasar ini selama tahun 1980-an. Pada tahun 1990 harga minyak meningkat dan diperkirakan akan terus meningkat selama dekade tersebut. Masalah lingkungan telah berkontribusi pada pertumbuhan yang cepat dalam penggunaan flokulan Poliakrilamida dalam pengolahan limbah dan pengeringan lumpur. Poliakrilamida kationik dengan berat molekul tinggi telah mulai memainkan peran penting dalam aplikasi ini (Hansora, 2014).

2. Pemilihan dan Uraian Proses

Menurut Kirk and Othmer (1978), polimerisasi akrilamida ini bisa dilakukan dengan beberapa metode:

A. Aqueous Solution Polymerization

Teknik yang paling umum. Monomer akrilamid dilarutkan dengan air kemudian diberi inisiator yang berupa radikal bebas, seperti peroksida, persulfat,



senyawa azo atau pasangan redoks. Polimer yang terbentuk juga akan larut dalam air sehingga pemisahannya relatif sulit. Proses ini juga menghasilkan cairan kental sebanyak 20 % dari berat polimer padatnya. Keunggulan metode ini adalah solven dapat menyerap panas reaksi, dan biaya solven murah, karena hanya menggunakan air, serta berat molekul polimer yang dihasilkan relatif besar.

A. *Mixed-Solvent Polymerization*

Dalam system solven campuran, akrilamid dan bahan lain dilarutkan dalam campuran air dan ko-solvent organik. ko-solvent yang digunakan biasanya alkohol. Maksimum berat molekul yang dapat dicapai dari sistem ini lebih kecil dibandingkan dengan cara *Aqueous Solution Polymerization*. Pengendapan dari rantai polimer yang tumbuh membatasi berat molekul maksimum. Batas maksimum ini dapat divariasikan dengan pemilihan solven organik dan rasio solven organik dengan air. Pengurangan level solven organik dapat meningkatkan berat molekul.

Cara ini menggunakan lebih dari satu solven yaitu air dan solven organik sebagai ko-solvent. ko-solvent yang digunakan biasanya alkohol. Polimer yang terbentuk tidak larut dalam solven, sehingga mengalami presipitasi, dan pemisahannya relatif lebih mudah. Berat molekul yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan cara *Aqueous Solution Polymerization*, tetapi distribusi berat molekulnya sempit (berat molekul polimer hampir seragam). Karena berat molekulnya lebih kecil, viskositasnya juga lebih rendah, sehingga memudahkan pemompaan dan transfer panas (Kirk Othmer, 2007).

B. *Dispersed-phase polymerization*

Cara ini berbeda dari polimerisasi larutan. Metode ini massa reaksi cair terdispersi dalam pembawa organik inert. Berbagai macam pembawa dapat digunakan, seperti xylene, paraffin oil, fuel oil, dan tetrakloroetilen. Xilen dan tetrakloroetilen biasa digunakan jika produk akhir berbentuk padatan manik-manik.

Metode ini memberikan transfer panas yang baik melalui fase organik. Konsentrasi monomer dapat ditingkatkan hingga lebih dari 50% untuk berat molekul produk yang tinggi. Meskipun demikian, ketika proses suspensi gagal, operasi pembersihan memakan waktu sangat lama dan membutuhkan banyak biaya. Kelemahan dari metode ini yaitu membutuhkan perawatan dan pemeliharaan yang tinggi dalam pengoperasiannya (Kirk Othmer, 2007).

C. *Inverse Emulsion*

Proses pembuatan poliakrilamida dengan metode ini adalah untuk menghindari viskositas larutan yang tinggi saat polimer dilarutkan kedalam air. Proses emulsi larutan monomer didalam minyak surfaktan, kemudian dihomogenisasi dalam campuran untuk

membentuk emulsi aw/o hingga polimerisasi monomer terbentuk dalam emulsi.

Proses emulsi terbalik terjadi saat pelepasan polimer didalam air. Produk yang dihasilkan dari proses polimerisasi emulsi terbalik menghasilkan partikel yang lebih kecil. Berat molekul bisa mencapai lebih dari 2 juta hingga 20 juta. Pada suatu proses produksi poliakrilamida anionik, selanjutnya dilakukan penambahan 50% larutan akrilamida, asam akrilat, dan air hingga konsentrasi monomer 40% w/t. saat suhu sudah mencapai 25°C Amonia ditambahkan ke campuran monomer (Hansora, 2014).

Berdasarkan tabel 1, maka dipilih proses *Mixed-Solvent solution polymerization*, Polimer yang dihasilkan dengan *Mixed Solvent Solution Polymerization* memiliki distribusi berat molekul yang lebih sempit (berat molekul polimer hampir seragam) dibandingkan dengan cara *Aqueous Solution Polymerization*. Polimer yang mengendap pada solven campuran memiliki viskositas yang rendah sehingga dapat memberikan transfer panas yang lebih baik dan lebih mudah dipompa.

Cara ini menggunakan lebih dari satu solven yaitu air dan solven organik sebagai ko-solvent. ko-solvent yang digunakan biasanya alkohol. Polimer yang terbentuk tidak larut dalam solven, sehingga mengalami presipitasi, dan pemisahannya relatif lebih mudah. Berat molekul yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan cara *Aqueous Solution Polymerization*, tetapi distribusi berat molekulnya sempit (berat molekul polimer hampir seragam). Karena berat molekulnya lebih kecil, viskositasnya juga lebih rendah, sehingga memudahkan pemompaan dan transfer panas (Kirk Othmer, 2007).

Dengan inisiator radikal bebas dalam pelarut air merupakan proses polimerisasi akrilamid yang paling umum dilakukan secara industri karena ekonomis dan dapat menghasilkan polimer dengan panjang rantai lebih mudah untuk diatur, akan tetapi proses ini memiliki kelemahan dalam proses pemisahan polimer.

D. Uraian proses terpilih

proses produksi poliakrilamida dari akrilamida terbagi menjadi 2 tahap, yaitu:

1. *Mixed Solvent Polymerization*

Akrilamida 98%, air sebagai pelarut, etanol sebagai ko-solven, hidrokuinon sebagai inhibitor dan potassium persulfate sebagai inisiator dimasukkan kedalam mixer. Reaksi dilakukan dalam Reaktor Alir Tanki Berpengaduk (RATB), reaktor beroperasi pada suhu tetap, yaitu 30°C dan tekanan 1 atm. Sehingga terbentuk akrilamida yang merupakan reaksi dari proses polimerisasi



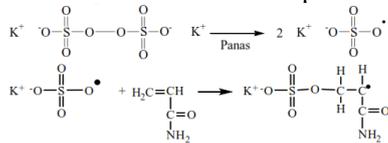
Tabel 1. Pertimbangan seleksi proses

No	Proses Polimerisasi	Kelebihan	Kekurangan
1	<i>Aqueous Solution Polymerization</i>	<ul style="list-style-type: none"> solven dapat menyerap panas reaksi, biaya solven murah, karena hanya menggunakan air berat molekul polimer yang dihasilkan relatif besar 	Proses pemisahan polimer cukup sulit.
2	<i>Mixed-Solvent solution polymerization</i>	<ul style="list-style-type: none"> Polimer yang mengendap pada solven campuran memiliki viskositas yang rendah sehingga dapat memberikan transfer panas yang lebih baik dan lebih mudah dipompa. 	pengendapan hanya terjadi ketika rantai polimer cukup besar untuk tidak larut dalam campuran reaksi
3	<i>Dispersed-phase polymerization</i>	<ul style="list-style-type: none"> memberikan transfer panas yang baik melalui fase organik 	<ul style="list-style-type: none"> membutuhkan perawatan dan pemeliharaan yang tinggi dalam pengoperasiannya
4	<i>Inverse Emulsion</i>	<ul style="list-style-type: none"> Membantu mengontrol viskositas larutan Partikel yang dihasilkan lebih kecil 	<ul style="list-style-type: none"> Proses produksi lebih panjang Biaya produksi lebih mahal

Mekanisme Mixed Solvent Solution Polymerization:

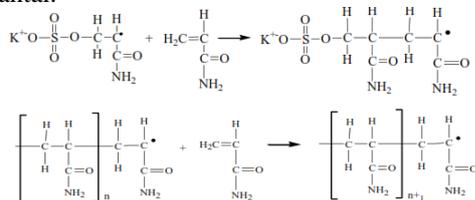
Tahap inisiasi:

Tahapan yang terjadi pada polimerisasi adisi radikal bebas sebagai berikut. Tahap inisiasi merupakan pembentukan radikal bebas dari suatu molekul yang diperlukan untuk tahap propagasi. Radikal dapat dihasilkan dari inisiator radikal. Kecepatan inisiasi relatif lambat tetapi berlanjut.



Tahap propagasi:

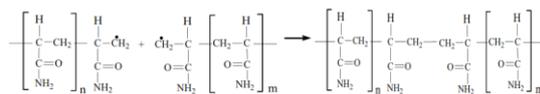
Tahap propagasi merupakan tahap reaksi yang cepat karena radikal yang terbentuk menyerang molekul lain dan menghasilkan radikal baru. Monomer yang telah bereaksi dengan radikal bebas bereaksi dengan molekul lain sehingga terjadi perpanjangan rantai.



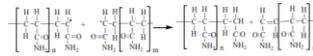
Tahap terminasi:

Pada tahap terminasi ini terjadi proses pemutusan rantai. Terminasi terjadi karena reaksi penggabungan reaktan radikal yang membentuk molekul tunggal. Tahapan reaksi dari polimerisasi adisi berakhir dengan cara disproporsionasi yaitu terbentuk dua produk yang berbeda atau dengan cara kombinasi.

Kombinasi

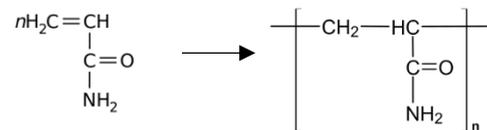


Disproporsionasi



(Handayani, 2010)

Reaksi:



Akrilamida

Poliakrilamida

Polimerisasi dilakukan pada tekanan atmosfer (1atm) dengan suhu dijaga pada 30°C dan waktu 90 menit, pada saat proses polimerisasi dalam reaktor didapatkan nilai derajat polimerisasi yang didapatkan bahwa berat molekul polimer yang dihasilkan berada kisaran 87987,2 – 189926,7 gr/mol. Nilai ini masih berada dalam rentang berat molekul yang diijinkan yaitu 20000 – 500000 (Handayani, 2010). Setelah itu dialirkan menuju dekanter, didalam dekanter didapatkan dua fase yaitu solid dan liquid, dimana fase solid adalah sisa sisa padatan dari akrilamida, hidrokuinon dan potassium persulfate yang sebelumnya berada pada reaktor, sedangkan fase liquidnya yaitu poliakrilamida, air dan etanol.

2. Evaporasi

Hasil polimerisasi dialirkan ke evaporator untuk mengurangi kandungan air serta memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Proses evaporasi ini



dilakukan pada suhu 102°C dengan tekanan atmosfer 1 atm. Produk atas dari evaporator mengandung 7% uap air, yang di umpankan ke tangki penyimpanan. Produk bawah dari tangki penyimpanan berbentuk cairan yang mengandung poliakrilamida.

3. Neraca Massa dan Neraca Energi

A. Neraca Massa

Rancangan pabrik poliakrilamida dengan proses *mixed-solvent* dengan kapasitas produksi sebesar 1415,101 kg/jam atau 10.000 ton/tahun ini membutuhkan bahan baku akrilamida sebesar 11207,6 ton/tahun dengan lamanya waktu operasi 330 hari/tahun.

B. Neraca Energi

Rancangan pabrik pembuatan poliakrilamida dengan proses *mixed-solvent* dengan kapasitas produksi sebesar 1415,101 kg/jam atau 10.000 ton/tahun ini membutuhkan energi yang diperoleh dari steam sebesar 3.603.209,32 kg/jam, listrik sebesar 226 kWh, air proses sebesar 11.214 kg/jam, dan air pendingin sebesar 68.061 kg/jam.

4. Evaluasi Ekonomi

Berdasarkan Analisa ekonomi yang telah diperhitungkan dalam pembuatan poliakrilamida dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, dibutuhkan biaya produksi sebesar US\$ 42.260.245,80 dengan Total Capital Investment sebesar US\$ 27.137.946. Pembagian modal terdiri atas 60% modal pinjaman dan 40% modal sendiri. Untuk keuntungan rata-rata yang didapatkan per tahun sebesar US\$ 8.253.653,29 dengan harga penjualan poliakrilamida sebesar US\$ 4/kg. Rancangan pabrik pembuatan poliakrilamida ini memiliki Rate of Return (ROR) sebesar 21,39% per tahun, Pay Out Time (POT) 4,09 tahun, dan Break Even Point (BEP) sebesar 46,04%.

5. Kesimpulan

Rancangan pabrik poliakrilamida dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dengan proses *mixed-solvent* ini membutuhkan bahan baku akrilamida sebesar 11207,6 ton/tahun dengan jumlah karyawan yang dibutuhkan sebanyak 194 orang. Rancangan pabrik ini memiliki laju pengembalian modal (ROR) sebesar 21,39%, waktu pengembalian modal (POT) selama 4,09 tahun dengan titik impas (BEP) sebesar 46,04%. Pabrik akan beroperasi di Bojonegara, Kec. Bojonegara, Kabupaten Serang, Banten.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrich, S. (2021). Hydroquinone SDS. Kategori 1, 1–10.
- Aldrich, S. (2022). MSDS Acrylamide. 1907, 1–12.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tegal. (2022). Keadaan Ketenagakerjaan Kabupaten Tegal Agustus 2021. Tegalkab.Bps.Go.Id, 02, 6. <https://tegalkab.bps.go.id/pressrelease/2021/11/29/156/keadaan-ketenagakerjaan-kabupaten-tegal-----html>
- Brownell, L. E., and Young, E. H. (1959). Process Equipment Design. John Wiley & Sons, Inc.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F. (1983). Chemical Engineering, Vol.6 . Pergamon Press.
- Coulson, J. M., and Richardson, J. F. (2002). Chemical Engineering, Volume 2. Pergamon Press
- Handayani, P. A. (2010). Polimerisasi Akrilamid Dengan Metode Mixed-. 8, 69–78.
- Hansora, D. P. (2014). A Facile Route for Industrial manufacturing process of Poly (Acryl amide). LAP LAMBERT Academic Publishing, November. <http://www.worldcat.org/isbn/9783659390227>
- Hesse, P. R.(1971). A Textbook of Soil Chemical Analysis. John Murray, Inc.
- Kern, D. Q.(1950). Process Heat Transfer New York. McGraw-Hill Book Company, Inc
- Kirk Othmer. (2007). Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology; Volume 01 (of 27) A to Alkaloids (4th Ed.) (p. 568).
- Kusnarjo. (2010). Desain Pabrik Kimia. Surabaya LabChem. (2020). Water Safety Data Sheet. LabChem, 4(2), 8–10. <http://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC26750.pdf>
- MITSUO, A., & TAKAHIRO, O. (n.d.). SOLVENT COMPOSITION | Solvent composition. JP2006130403A, 12–15. http://www.thomsoninnovation.com/tipinnovation/%5Cnhttp://www.thomsoninnovation.com/tipinnovation/recordView.do?datasource=T3&category=PAT&selRecord=1&totalRecords=1&databaseIds=PATENT&recordKeys=JP2006130403A_20060525
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (2003). Plant Design and Economics For Chemical Engineers. In Plant design and economics for chemical engineers.
- SigmaAldrich. (2021). Potassium persulfate safety data sheet. 77(58), 1–8. <https://www.sigmaaldrich.com/CA/en/sds/sigald/216224>
- Sulistiyawati, E. (2010). POLIMERISASI AKRILAMIDA DENGAN METODE, MIXED SOLVENT P R E C I P I T A T I O N IMENG GUNAKAN INI SIATOR KALIUM P ERSULFAT. X.
- Supelco. (2019). Lembaran Data Keselamatan. Lembar Data Keselamatan Bahan, 1907, 1–7. https://www.merckmillipore.com/ID/id/product/msds/MDA_CHEM-113126?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F





- Walas, S. M. (1988). Rules of Thumb. Butterworth Publishers.
- WHO. (1998). Environmental Health Criteria. Environmental Health Criteria, 204.
- Xu, H., Cai, S., Xu, L., & Yang, Y. (2019). Keratin Associations with Synthetic, Biosynthetic and Natural Polymers: An Extensive Review. *Polymers* 2020, Vol. 12, Page 32, 12(1), 32. <https://doi.org/10.3390/POLYM12010>

