

ANALISA NERACA MASSA PADA PRODUKSI STYRENE AKRILIK KAPASITAS BATCH SIZE 22,2 MT DI PT. XYZ

Shyfa Fauziah

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik; Universitas Bhayangkara Jakarta
Raya

agung.siswahyu@dsn.ubharajaya.ac.id

Abstrak

Polimer styrene akrilik merupakan salah satu jenis polimer emulsi yang banyak digunakan dalam industri konstruksi sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan sifat mekanis material berbasis semen. Proses produksinya di industri umumnya dilakukan secara batch dengan pengendalian kondisi operasi yang ketat untuk menjaga kestabilan reaksi dan mutu produk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis neraca massa pada proses produksi polimer styrene akrilik dengan kapasitas batch sebesar 22,2 MT di PT. XYZ. Metode penelitian dilakukan melalui observasi langsung terhadap tahapan proses produksi serta analisis data aktual penggunaan bahan baku dan produk akhir. Hasil analisis neraca massa menunjukkan bahwa total massa input dan output proses produksi masing-masing sebesar 22.450 kg, yang menandakan bahwa sistem produksi telah memenuhi prinsip kekekalan massa. Nilai lost product sebesar 0,00% berada jauh di bawah batas toleransi maksimal 3% per batch, yang mengindikasikan efisiensi proses yang tinggi serta minimnya kehilangan material selama operasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian proses produksi polimer styrene akrilik di PT. XYZ telah berjalan secara optimal dan konsisten.

Kata kunci: *Polimer Styrene Akrilik, Polimer Emulsi, Neraca Massa, Monomer, Proses Produksi*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polimer merupakan salah satu kebutuhan bahan dasar yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia di era modern saat ini. Polimer digunakan sebagai bahan aditif dalam campuran beton atau semen untuk meningkatkan kekuatan mekanik, daya rekat, serta durabilitas terhadap lingkungan agresif (Williams, 1994). Dalam industri konstruksi, beton berbasis semen masih menjadi material dominan karena kekuatan dan ekonomisnya. Material semen merupakan material bangunan yang paling banyak digunakan dengan tingkat kerapuhan yang tinggi. Namun karakteristik kerapuhan tersebut membuat material berbasis semen rentan retak akibat gaya luar, yang menyebabkan sifat mekanis dan daya tahan material semen menurun (Fan et al., 2020).

Polimer bertindak sebagai pengisi atau pengikat, dengan atau tanpa semen membentuk beton polimer, beton modifikasi polimer, dan beton impregnasi polimer. Karena polimer secara efektif dapat meningkatkan kekuatan, daya tahan, dan kekuatan ikatan struktur beton lama (Chen et al., 2021).

Emulsi Styrene Akrilik dapat dibuat melalui polimerisasi emulsi dengan atau tanpa pengemulsi. Polimerisasi emulsi dengan pengemulsi nonpolimerik dilakukan dengan polimerisasi monomer lemah yang larut dalam air dalam emulsi pengemulsi nonpolimerik. Dalam polimerisasi tanpa pengemulsi, inisiator atau pengemulsi yang larut dalam air monomer dapat bertindak sebagai pengemulsi polimer (Huang & Gong, 2021).

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan kimia yang memproduksi polimer styrene akrilik dalam skala batch dengan kapasitas produksi sebesar 22,2 MT per *batch*. Proses produksi dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu *Initial Reactor Charge* (IRC), *Initial Catalyst* (IC), *Monomer Pre-Emulsion* (MPE), *Feeding Catalyst* (FC), *Post Treatment* (PT), dan *Post Addition* (PA), yang secara umum melibatkan peralatan utama berupa reaktor polimerisasi sebagai tempat berlangsungnya reaksi, monomer tank sebagai unit penyimpanan dan pengumpanan bahan baku, serta dilution sebagai unit pasca-reaksi untuk proses pendinginan, penyesuaian karakteristik, dan stabilisasi produk sebelum tahap akhir.

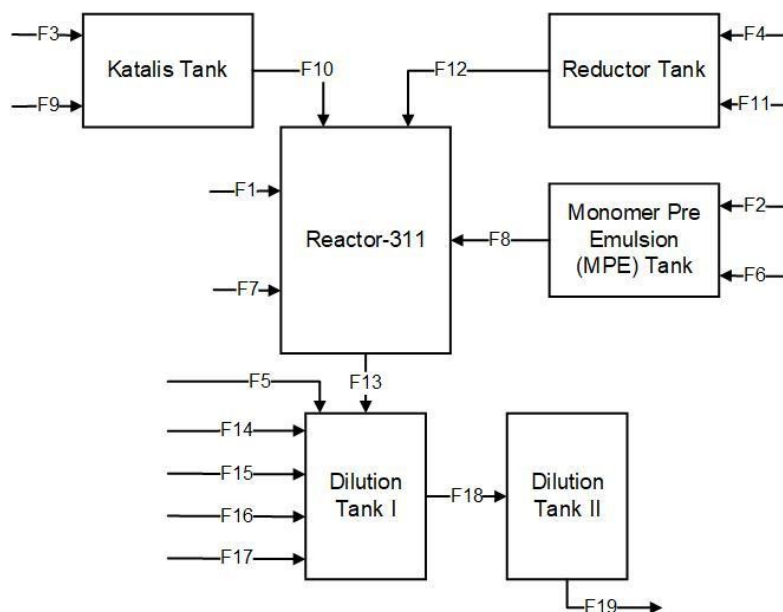
Perhitungan Neraca massa dalam suatu sistem proses industri merupakan perhitungan kuantitatif terhadap seluruh aliran bahan yang masuk, keluar, terakumulasi, maupun terbuang di dalam sistem. Neraca massa disusun dalam bentuk persamaan matematis yang didasarkan pada hukum kekekalan massa, yang menyatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi proses produksi dengan menggunakan metode neraca massa selama proses produksi polimer styrene akrilik di tiap unit proses.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di PT. XYZ dengan metode observasi langsung terhadap proses produksi polimer styrene akrilik. Data yang digunakan merupakan data primer dan sekunder yang diperoleh dari hasil pengamatan lapangan, wawancara dengan operator, serta dokumen operasional perusahaan.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Produksi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan Neraca Massa Komponen setiap alat sebagai berikut :

A. Neraca Massa Komponen Reaktor 311

Tabel 1. Perhitungan Neraca Massa Reactor-311

Komponen	Input					Output
	F1	F7	F8	F10	F12	F13
	Kg/Batch					Kg/Batch
Air (H ₂ O)	4746.9					
Anti Foam IRC		2.6				
Mix Product MPE			15367			
Mix Katalis				1466.2		
Anti Foam PT		2.4				
Mix Reductor					147	
Mix Product Reactor						21732.2
Total	21732.2					21732.2

B. Neraca Massa Komponen Monomer Pre-Emulsion (MPE) Tank

Tabel 2. Perhitungan Neraca Massa Tangki Monomer Pre-Emulsion (MPE)

Komponen	Input		Output
	F2	F6	F8
	Kg/Batch		Kg/Batch
Air (H ₂ O)	3057.1		
Surfactan		97.2	
Monomer 1		50.8	
monomer 2		289.4	
Monomer 3		3617.7	
Monomer 4		8251.4	
Anti Foam 1		3	
Anti Foam 2		0.5	
Mix Product MPE			15367.1
Total	15367.1		15367.1

C. Neraca Massa Komponen Tangki *Mixing* Katalis

Tabel 3. Perhitungan Neraca massa Tangki *Mixing* Katalis

Komponen	Input		Output
	F3	F9	F10
	Kg/Batch		Kg/Batch
Air (H ₂ O)	1370		
Katalis IC		34	
Katalis FC		34	
Katalis PT		28.2	
Mix Katalis			1466.2
Total	1466.2		1466.2

D. Neraca Massa Komponen Tangki *Mixing* Reduktor

Tabel 4. Perhitungan Neraca Massa Tangki *Mixing* Reduktor

Komponen	Input		Output
	F4	F11	F12
	Kg/Batch		Kg/Batch

Komponen	Input		Output
	F4	F11	F12
	Kg/Batch		Kg/Batch
Air (H ₂ O)	124.8		
Reductor		22.2	
Mix Reduktor			147
Total	147		147

E. Neraca Massa Komponen Tangki Dilution

Tabel 5. Perhitungan Neraca Massa Tangki Dilution

Komponen	Input						Output	
	F5	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19
	Kg/Batch						Kg/Batch	
Air (H ₂ O)	415.2							
Mix Produk Reaktor		21732.2						
Netralizing PA			40.2					
Perserpatif 1				45.6				
Perserpatif 2				22.8				
Perserpatif 3				67.3				
Anti Foam PA					5.8			
Addictive						113.9		
Netralizing Adjustment					7			
Produk Styrene Akrilik							22450	22450
Total	22450						22450	

Reaktor-311 digunakan sebagai unit utama tempat berlangsungnya reaksi polimerisasi styrene akrilik. Reaktor ini beroperasi secara *batch* dengan kapasitas nominal 20 m³ dan dilengkapi dengan sistem pengaduk serta *jacket cooling* untuk menjaga kestabilan suhu reaksi. Material reaktor berupa *carbon steel* dengan batas tekanan operasi hingga 3 kg/cm².g dan suhu maksimum 120°C, sehingga mampu menahan kondisi reaksi polimerisasi yang bersifat eksoterm. Pengendalian suhu melalui *jacket cooling* berperan penting dalam menjaga laju reaksi tetap stabil dan meminimalkan kehilangan massa akibat penguapan monomer, sehingga mendukung kesesuaian antara massa input dan output pada perhitungan neraca massa. Bahan baku monomer dipersiapkan pada unit tangki MPE yang berfungsi sebagai unit penyimpanan dan pengondisian monomer sebelum diumpankan ke dalam reaktor utama. Pada unit ini, monomer disiapkan untuk proses *feeding* secara bertahap selama tahap propagasi. Pengendalian aliran monomer bertujuan untuk menjaga kestabilan laju reaksi polimerisasi serta mencegah fluktuasi massa umpan yang dapat memengaruhi hasil neraca massa. Dengan sistem pengumpanan yang terkontrol, jumlah massa monomer yang masuk ke reaktor dapat disesuaikan dengan kapasitas *batch* yang direncanakan. Pada tangki katalis dan Tangki reduktor sebagai unit penampungan dan pencampuran bahan katalis sebelum diumpankan ke reaktor utama. Tangki berkapasitas 2,5 m³ ini dilengkapi dengan sistem pengadukan yang memungkinkan terbentuknya campuran katalis yang homogen pada suhu operasi hingga 80°C. Setelah reaksi utama selesai, produk dialirkan ke

Dilution Tank (DT) sebagai unit akhir proses produksi yang digunakan untuk tahap *post treatment*, netralisasi, dan penyesuaian karakteristik produk. Tangki ini memiliki kapasitas 22 m³ dan dilengkapi *jacket cooling* untuk menurunkan suhu produk secara bertahap dari 69–71°C hingga 43–45°C. Proses pendinginan dan penambahan bahan aditif di dalam DT bertujuan untuk menstabilkan emulsi serta menurunkan kandungan monomer bebas, sehingga potensi kehilangan produk akibat volatilitas monomer dapat diminimalkan.

Perhitungan neraca massa didasarkan pada prinsip kekekalan massa, yaitu massa total aliran masuk ke dalam sistem harus sama dengan massa total aliran keluar, dengan memperhitungkan kemungkinan kehilangan material selama proses. Data yang digunakan merupakan data aktual penggunaan bahan baku dan produk yang dihasilkan dalam satu *batch* produksi dengan kapasitas 22,2 MT. Berdasarkan hasil perhitungan, total massa aliran masuk ke dalam sistem sebesar 22.450 kg, yang berasal dari air proses, monomer styrene dan akrilik, katalis, surfaktan, serta bahan aditif lainnya yang ditambahkan pada tahap inisiasi, propagasi, dan terminasi. Sementara itu, total massa aliran keluar sistem berupa produk polimer styrene akrilik juga sebesar 22.450 kg.

Kesesuaian antara massa input dan output menunjukkan bahwa proses produksi telah memenuhi prinsip kekekalan massa. Tidak terdeteksi adanya kehilangan massa yang signifikan selama proses berlangsung, sehingga nilai *lost product* yang diperoleh adalah sebesar 0,00%. Nilai ini masih berada jauh di bawah batas toleransi kehilangan maksimal sebesar 3% per *batch* yang ditetapkan oleh Departemen Produksi. Rendahnya nilai *lost product* menunjukkan bahwa pengendalian proses, khususnya pengaturan suhu reaksi, laju *feeding monomer* dan katalis, serta tahapan pendinginan pada *dilution tank*, telah berjalan dengan baik. Penggunaan *jacket cooling* pada reaktor dan *dilution tank* berperan penting dalam meminimalkan penguapan monomer yang bersifat volatil, sehingga kehilangan massa dapat ditekan. Dengan demikian, hasil analisis neraca massa mengindikasikan bahwa proses produksi polimer styrene akrilik di PT. XYZ berlangsung secara efisien dan terkendali, serta mampu menghasilkan produk dengan jumlah massa yang sesuai dengan perencanaan kapasitas *batch*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Proses produksi polimer styrene akrilik berlangsung melibatkan beberapa peralatan utama, yaitu Reaktor-311 sebagai unit reaksi, tangki pencampur monomer, katalis tank dan reduktor tank sebagai unit persiapan bahan reaksi, serta *dilution tank* sebagai unit pasca reaksi,
- Hasil perhitungan neraca massa menunjukkan bahwa total massa output sebesar 22.450 kg sesuai dengan massa input, dengan nilai *lost product* sebesar 0,00% yang berada di bawah batas toleransi maksimal 3% per *batch*, sehingga proses produksi dinilai memiliki efisien yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, D., Ding, M., Huang, Z., & Wang, Y. (2021). Styrene–acrylic emulsion with “transition layer” for damping coating: Synthesis and characterization. *Polymers*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/polym13091406>
- Fan, J., Li, G., Deng, S., Deng, C., Wang, Z., & Zhang, Z. (2020). Effect of carbon

nanotube and styrene-acrylic emulsion additives on microstructure and mechanical characteristics of cement paste. *Materials*, 13(12), 1–14.
<https://doi.org/10.3390/ma13122807>

Huang, T., & Gong, S. (2021). Preparation of emulsifier-free styrene–acrylic emulsion via reverse iodine transfer polymerization. *Polymers*, 13(19).
<https://doi.org/10.3390/polym13193348>

Williams, D. J. (1994). *Polymer Science and Engineering*. National Academies Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17226/2307>