



PRAPERANCANGAN PABRIK MESITILENA DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN MENGGUNAKAN METODE ISOMERISASI PSEUDOCUMENE

Ika Putri Nikmatur Rohmah^{1,*}, Diana Permata Nur Mifdatun Jannah¹, Zaidan Rizqullah Luqianto¹, Boy Arief Fachri¹, Bektı Palupi¹, Istiqomah Rahmawati¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan Tegalboto No. 37, Sumbersari, Jember

*Corresponding Author: lkaputrin@gmail.com

Abstrak

Permintaan mesitylene di Indonesia semakin meningkat karena penggunaannya yang luas dalam berbagai aplikasi industri. Mesitylene, juga dikenal sebagai 1,3,5-trimethylbenzene, adalah hidrokarbon aromatik berharga yang digunakan sebagai pelarut, dalam sintesis bahan kimia, dan sebagai perantara dalam produksi polimer berkinerja tinggi. Pabrik mesitylene yang menggunakan bahan baku pseudocumene dirancang dengan kapasitas 4.000 ton per tahun dan beroperasi selama 330 hari per tahun. Bahan baku dibutuhkan sebesar 6364,410846 ton per tahun. Mesitylene diproduksi melalui proses isomerisasi pseudocumene, menghasilkan mesitylene sebagai produk utama dan xylene dan hemimellitene sebagai produk sampingan. Prosesnya melibatkan reaksi isomerisasi dan transalkilasi dalam Continuous Stirred-Tank Reactor (CSTR) menggunakan katalis ZSM-5, pada tekanan 50 bar dan suhu 340°C. Proses pemisahan dan pemurnian menggunakan tiga kolom distilasi sehingga menghasilkan mesitylene dengan kemurnian 99% dan produksi tahunan sebesar 4.000 ton. Unit utilitas meliputi unit penyedia air, unit penyedia uap, unit penyedia listrik, dan unit penyedia bahan bakar. Pabrik ini dioperasikan sebagai Perseroan Terbatas dengan 74 karyawan, dibagi menjadi dua kategori: pekerja shift dan non-shift, untuk menjamin kelangsungan proses produksi. Analisis ekonomi menunjukkan laba bersih sebesar Rp20.000.444.483.590, Rate of Return (RoR) sebesar 23%, Pay Out Time (POT) sebesar 3,6 tahun, dan Break-even Point (BEP) sebesar 44,56%. Evaluasi keekonomian menegaskan bahwa pabrik mesitylene dengan kapasitas produksi 4.000 ton per tahun layak untuk didirikan.

Kata kunci: Isomerization, Mesitylene, Pseudocumene.

1. Pendahuluan

Pembangunan ekonomi berperan penting bagi suatu negara untuk mencapai perubahan menjadi lebih baik (Yurui *et al.*, 2021). Pembangunan ekonomi yang dilakukan oleh negara berkembang berfokus pada pemerataan pembangunan ekonomi yang dapat dirasakan oleh masyarakat, meningkatkan kesempatan kerja, pemerataan pendapatan, mengurangi ketimpangan hingga mencapai keseimbangan struktur perekonomian. Dalam mencapai kemandirian perekonomian nasional, sektor industri tengah dikembangkan (Wayne N, 2021). Pemerintah berasumsi bahwa sektor industri merupakan elemen penting untuk menggerakkan roda perekonomian dan meningkatkan kemampuan daya saing global. Salah satu sasaran pembangunan ekonomi Indonesia dengan adanya industri yang kuat dan maju sehingga dapat menjamin kelangsungan pembangunan nasional (Aiginger & Rodrik, 2020).

Pembangunan industri dikembangkan secara bertahap dan terpadu melalui peningkatan keterkaitan antar industri dan sektor ekonomi lainnya. Untuk menunjang pelaksanaan pembangunan industri di dalam negeri dilakukan pengurangan pemakaian bahan-bahan industri yang di impor dari luar negeri. Pada zaman industrialisasi, pertumbuhan industri di negara Indonesia khususnya industri kimia dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan yang cukup baik dari segi kualitas maupun kuantitas (Fonna, 2019). Seiring dengan peningkatan tersebut maka kebutuhan pada bahan baku industri dan bahan-bahan kimia juga akan semakin meningkat. Salah satunya berakibat pada permintaan pelarut organik yang semakin tinggi.

Mesitilena merupakan salah satu pelarut organik yang dapat diaplikasikan dalam beberapa industri. Mesitilena adalah turunan dari benzene dengan tiga substituent metil yang diposisikan secara simetris



disekitar ring (Litvinov et al., 2019). Senyawa ini terdiri dari gugusan metil dan butil tertier dengan rumus molekul C_9H_{12} . Memiliki berat molekul 120,2 g/mol dan titik didihnya 164,7°C. Mesitilena berbentuk cair, tak berwarna dengan aroma harum manis. Mesitilena merupakan senyawa organik yang tidak mengandung logam dan dapat bercampur secara sempurna dengan hidrokarbon (National Center for Biotechnology Information, 2024).

Mesitilena menjadi salah satu pelarut organik yang banyak digunakan dalam berbagai industri di Indonesia seperti industri resin, cat, farmasi, dan industri bahan kimia lainnya. Pasar mesitilena di dunia sebesar 2,453 juta USD pada tahun 2019 dan diperkirakan mencapai 3,246 juta USD pada tahun 2026 dengan nilai *Compounded Annual Growth Rate* (CAGR) sebesar 4,08%. Pasar mesitilena untuk wilayah Asia-Pasifik memiliki nilai pasar mesitilena terbesar dibanding wilayah lain di dunia pada tahun 2018 dengan nilai \$6.000 dan semakin meningkat hingga saat ini. Untuk wilayah Indonesia pasar mesitilena diperkirakan mengalami kenaikan hingga 4,1% dari tahun 2024 hingga 2030 yang dipengaruhi oleh semakin beragamnya industri kimia yang berada di Indonesia sehingga mempengaruhi permintaan pasar (Wresearch, 2022).

Berdasarkan kebutuhan mesitilena di Indonesia, pemenuhan permintaan mesitilena diimpor dari berbagai negara dan tidak ada kegiatan ekspor mesitilena di Indonesia. Peningkatan permintaan pasar mesitilena di Indonesia menjadi tantangan, salah satu masalah utama adalah volatilitas harga karena harus impor yang berdampak pada biaya produksi dan profitabilitas industri di Indonesia. Maka, dengan produksi mesitilena di dalam negeri dengan metode isomerisasi *pseudocumene* didapatkan konversi yang tinggi. Berikut merupakan data kapasitas produksi *pseudocumene* dunia yang dapat dijadikan sebagai bahan baku mesitilena disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Kapasitas *Pseudocumene* Dunia

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
Wuxi High Mountain Hi-tech Development Co, Ltd	100
Kuraray Yuka Co., Ltd.	1.500
Shandong Huasheng Technology Co., Ltd.	1.000
Aquachem Industrial Limited	40.000
Total	42.600

Berdasarkan pertimbangan bahan baku yang digunakan, produksi mesitilena dari *pseudocumene* diasumsikan hanya sebesar 40% dari kapasitas *pseudocumene* dunia sehingga bahan baku *pseudocumene* yang digunakan sebesar 17.040 ton/tahun dengan *mesitylene* yang dihasilkan sebesar 3.987,36 ton/tahun dan dibulatkan menjadi 4.000 ton/tahun. Sehingga kapasitas pabrik *mesitylene* yang akan didirikan adalah 4.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Pemilihan Proses

Terdapat 2 proses dalam produksi mesitilena yaitu melalui proses pirolisis dan katalitik serta proses isomerisasi. Proses pirolisis dan katalitik dimulai dengan reaksi asam asetat dengan kalsium oksida dalam reaktor berpengaduk, menghasilkan kalsium asetat dan air. Kalsium asetat kemudian dipirolisis pada suhu 350°C dan tekanan 5 atm untuk menghasilkan aseton dan kalsium karbonat. Aseton dan bahan yang tidak bereaksi dialirkan ke reaktor berpengaduk lain pada suhu 400°C dan tekanan 5 atm. Mesitilena diproduksi menggunakan katalis asam sulfat dengan produk yang dihasilkan, terdiri dari mesitilena, aseton, dan air. Produk kemudian dipisahkan dan dimurnikan melalui menara distilasi.

Proses isomerisasi merupakan proses pembentukan mesitilena dan *hemimellitene* (1,2,3-trimethylbenzene) dengan menggunakan *pseudocumene* dan katalis. Proses isomerisasi terjadi di reaktor dengan temperatur antara 225-400°C dan tekanan antara 1-50 bar yang menghasilkan produk isomer berupa C_8 , C_9 , dan C_{10} . Isomer C_8 merupakan isomer yang terdiri atas tiga isomer *tetramethylbenzene* yaitu *durene*, *isodurene* (1,2,3,5-tetramethylbenzene), dan *prehnitene* (1,2,3,4-tetramethylbenzene). Isomer C_{10} merupakan isomer yang terdiri atas tiga isomer *dimethylbenzene* yaitu *ortho-xylene* (1,2-dimethylbenzene), *meta-xylene* (1,3-dimethylbenzene), dan *para-xylene* (1,4-dimethylbenzene). Isomer C_8 dan C_{10} terbentuk karena proses reaksi transalkilasi dari isomer C_9 . Isomer-isomer tersebut dipisahkan menggunakan distilasi secara bertahap dan menghasilkan produk utama *mesitylene* serta produk samping berupa *xylene* dan isomer C_{10} . Berikut pada Tabel 2 merupakan perbandingan pada beberapa parameter dari kedua proses.



Tabel 2 Perbandingan Proses Produksi

Parameter	Proses Pirolisis dan Katalitik	Proses Isomerisasi
Suhu Operasi	Pirolisis: 350°C-500°C Katalitik: 400°C	225°C-400°C
Tekanan	5 atm	1-50 atm
Kemurnian	80%	>99%
Konversi	2,4%	23,4%
Selektivitas	55,9%	60%
Waktu proses	10-30 menit	5-20 detik
Referensi	US 9,714,207 B2 (2017)	US 6,949,687 B2 (2005)

Berdasarkan Tabel 2 proses paling optimal dan yang dipilih untuk produksi mesitilena untuk pabrik yang akan dirancang adalah proses isomerisasi. Hal ini dikarenakan proses isomerisasi dapat beroperasi dalam suhu rendah, tingkat konversi tinggi, reaksi yang tidak bertingkat, serta tidak memerlukan proses yang panjang. Proses isomerisasi memerlukan katalis dalam reaksinya. Berikut merupakan perbandingan katalis yang telah dilakukan uji terhadap produksi mesitilena pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Katalis

Jenis Katalis	Kondisi Operasi (°C)	Konversi (molar %)
Beta Zeolite	350	12
ZSM-12	350	20,5
NU-88	350	21,6
Mazzite	350	21,2
MCM-22	350	14
ERS-10	350	18,2
ZSM-5	340	23,4

Berdasarkan Tabel 3 yang menunjukkan perbandingan katalis, dengan berbagai pertimbangan maka katalis yang dipilih dalam proses isomerisasi adalah ZSM-5 karena dapat menghasilkan produk mesitilena lebih tinggi dibandingkan katalis yang lainnya yaitu sebesar 23,4% molar, ZSM-5 memiliki struktur pori yang kecil sehingga dapat mengoptimalkan selektivitas reaksi serta memiliki stabilitas termal yang tinggi sehingga dapat

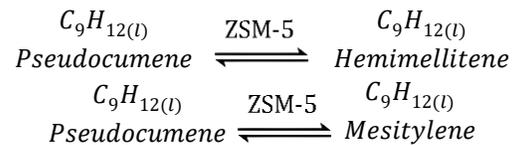
digunakan pada suhu $\pm 350^\circ\text{C}$. Sehingga proses pembentukan *mesitylene* adalah sebagai berikut:

Reaksi : Isomerisasi
Kemurnian : >99%
Tipe reaktor : CSTR
Temperatur : 340°C
Tekanan Reaktor : 50 Bar
Katalis : ZSM-5

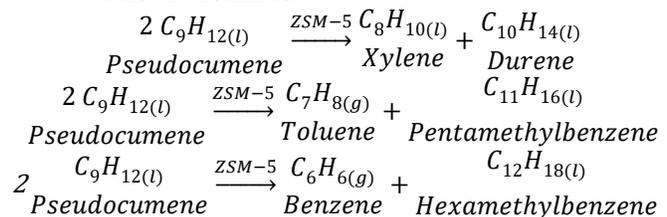
2.2 Uraian Proses

Proses isomerisasi *pseudocumene* dengan katalis Zeolit ZSM-5 dilakukan pada suhu 340°C dan tekanan 50 bar dalam fase cair. Dengan demikian, secara teoritis *pseudocumene* dikontakkan secara langsung dengan katalis dalam reaktor *Continuous Stirred-Tank Reactor* (CSTR). Berikut merupakan uraian reaksi *pseudocumene* yang dikontakkan dengan katalis (Dalloro, 2004). Konversi yang didapatkan dari reaksi isomerisasi dengan bantuan katalis lebih besar dan reaksi berjalan secara *reversible*.

Reaksi Isomerisasi :



Reaksi Transalkilasi :



2.2.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa *pseudocumene* murni atau terdapat campuran dengan senyawa hasil daur ulang dari proses yang sama pada kondisi 30°C, 1 atm dari tangki penyimpanan (F-111) dialirkan melalui pompa (L-112) untuk dicampur dengan arus *recycle* dari menara distilasi (D-330) pada *mixer* (M-110) dengan kondisi operasi 30°C, 1 atm. Selanjutnya bahan baku sebelum dimasukkan reaktor diuapkan dengan *vaporizer* (V-211) hingga suhu 300°C kemudian masuk *heater* (E-212) untuk dinaikkan suhu hingga 440°C dan tekanan dinaikkan menjadi 50 bar dengan kompresor (G-212). Kemudian bahan baku diturunkan suhunya hingga 340°C menggunakan *cooler* (E-214).



2.2.2 Proses Pembentukan *Mesitylene*

Bahan baku dengan kondisi operasi 340°C dan 50 bar kemudian dimasukan kedalam reaktor (R-210) sehingga terjadi reaksi isomerisasi dan transalkilasi dengan adanya katalis Zeolit ZSM-5 didalam reaktor CSTR. Reaksi isomerisasi *pseudocumene* pada reaktor (R-210) menghasilkan produk *mesitylene* dan *hemimellitene* sedangkan isomer C₈ dan isomer C₁₀ terbentuk karena reaksi transalkilasi isomer C₉. Reaktor beroperasi pada suhu 340°C dan tekanan 50 bar. Jika reaksi kurang dari suhu 340°C maka reaksi akan berjalan lambat dan tingkat konversi ke *mesitylene* rendah. Jika suhu diatas 340°C maka tingkat konversi ke produk samping akan meningkat sekaligus mengganggu kinerja katalis yang digunakan. Reaksi dalam reaktor (R-210) berlangsung endotermis non-isotermal non-adiabatis (Dalloro *et al.*, 2004). Berikut merupakan data konversi setiap komponen pada Tabel 4.

Tabel 4 Data Konversi

Komponen	%konversi
1,2,4-Trimethylbenzene	59,80%
1,3,5-Trimethylbenzene	23,40%
1,2,3-Trimethylbenzene	8,40%
C ₇ H ₈	0,50%
C ₈ H ₁₀	4,20%
C ₁₀ H ₁₄	2,20%
C ₁₁ H ₁₆	1,00%
C ₆ H ₆ + C ₁₂ H ₁₈	0,50%
Total	100,0%

2.2.3 Proses Pemisahan dan Pemurnian

Hasil reaksi dari reaktor (R-210) keluar dengan suhu 340°C dan 50 bar. Selanjutnya, produk di dinginkan menggunakan 1 *cooler* (E-311) hingga didapatkan suhu 160°C, sekaligus di alirkan hingga tekanan 1 atm sebelum masuk ke menara distilasi (D-310). Pada menara distilasi (D-310) digunakan untuk memisahkan fraksi senyawa ringan dari produk mentah reaksi (isomer C₈) dengan fraksi perantara yang mengandung *pseudocumene* yang tidak terkonversi (isomer C₉) dan fraksi perantara yang lebih berat (isomer C₁₀) serta residu yang tersisa yang mengandung bagian dari isomer C₁₀ bersama dengan sejumlah kecil *pentamethylbenzene* dan *hexamethylbenzene*. Isomer C₈ yang keluar dari menara distilasi (D-310) dengan kondisi operasi suhu

126°C dan 1 atm di dinginkan menggunakan *cooler* (E-411) untuk mendapatkan suhu 30°C sebelum disimpan di tangki penyimpanan (F-410). Untuk fraksi berat yang keluar dari menara distilasi (D-310) dengan 1 atm dipompa menuju ke menara distilasi (D-320). Menara distilasi (D-320) untuk memisahkan fraksi C₉ dari bagian yang tersisa dari aliran produk (C₁₀ dan yang lebih berat). Untuk fraksi berat yang keluar dari distilasi (D-320) dengan suhu 182°C dan 1 atm kemudian didinginkan menggunakan *cooler* (E-422) hingga didapatkan suhu 30°C sebelum masuk ke tangki penyimpanan (F-420). Sedangkan proses pemurnian *mesitylene* dari campuran isomer C₉ menggunakan kolom distilasi (D-330) pada 1 atm didapatkan kemurnian sesuai dengan penggunaan industri (>99%), yang selanjutnya disimpan pada tangki (F-430) dan sebelum memasuki penyimpanan didinginkan menggunakan *cooler* (E-431) dari suhu 164°C menjadi 30°C. Sedangkan bagian yang tersisa dari isomer C₉ (*hemimellitene* dan *pseudocumene*) dengan suhu keluar 169°C dan tekanan 1 atm dan didinginkan hingga suhu 30°C menggunakan *cooler* (E-114) kemudian *direct cycle* ke *mixer* (M-110).

3. Utilitas

Unit utilitas merupakan unit pendukung yang berperan penting dalam perancangan pabrik karena bertanggung jawab dalam menyediakan kebutuhan dasar untuk proses produksi. Berikut unit utilitas yang digunakan pada pabrik mesitilena:

1. Unit penyedia air
2. Unit penyedia *steam*
3. Unit pengadaan tenaga listrik
4. Unit penyedia bahan bakar

Kebutuhan air disuplai dari PDAM kota Balikpapan dengan total kebutuhan air sebesar 69177,669 kg/jam yang meliputi kebutuhan air pendingin, umpan boiler, dan air sanitasi. *Steam* digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas di *vaporizer*, reaktor dan *reboiler*. *Steam* diperoleh melalui proses pemanasan air oleh boiler menjadi uap yang memiliki tekanan dan suhu tinggi. Jenis *steam* yang dibutuhkan untuk proses ada 2 yaitu *saturated steam* dan *superheated steam*. Listrik disuplai dari PLTU milik PT Kariangau Power Bayan Group dengan kebutuhan listrik sebesar 256,426 kW/jam. Bahan bakar yang digunakan pabrik adalah solar (*diesel fuel*) dengan total kebutuhan sebanyak 153,1691 Kg/jam.



4. Manajemen Perusahaan

Pabrik mesitilena dari isomerisasi *pseudocumene* akan didirikan pada tahun 2025 akan dioperasikan dalam bentuk badan perusahaan Perseroan Terbatas (PT) sehingga dalam menjalankan perusahaan mendapatkan modal berupa saham. Bentuk PT dipilih untuk pabrik mesitilena karena modal perusahaan lebih mudah untuk didapatkan, pemilik modal sebagai pemegang saham dan memiliki kendali, tanggung jawab pemegang saham terbatas saham yang dimilikinya, dan kekayaan pemegang saham terpisah dengan kekayaan perusahaan (Ditjen AHU Online, 2024). Pabrik mesitilena beroperasi selama 24 jam dalam satu hari, sehingga dibutuhkan 2 kategori karyawan dengan sistem kerja *shift* dan *non-shift* untuk menjaga kelancaran proses produksi *mesitylene* serta mekanisme administrasi dan pemasaran dengan total karyawan 74 orang.

5. Evaluasi Ekonomi

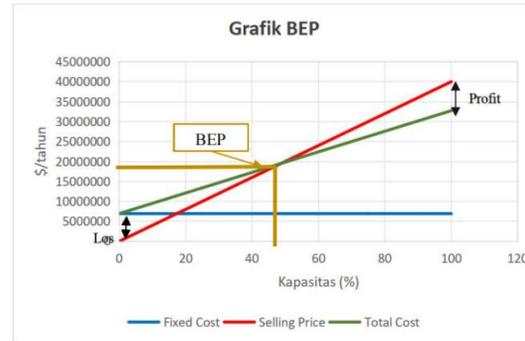
Evaluasi ekonomi bertujuan untuk menilai kelayakan finansial proyek dengan menganalisis berbagai aspek biaya dan pendapatan. Selain itu, juga untuk memastikan bahwa perancangan pabrik layak dari segi ekonomi, mengidentifikasi dan mengukur risiko yang mungkin dihadapi, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya agar efisien. Evaluasi dapat membantu dalam perencanaan keuangan, termasuk kebutuhan modal dan pengembalian investasi, serta memberikan informasi yang diperlukan bagi pemangku kepentingan untuk membuat keputusan yang tepat. Berdasarkan perhitungan, *Total Capital Investment* sebesar US\$52.367.149 dengan *Total production cost* sebesar \$33.542.511 sehingga didapatkan laba bersih \$1.224.221.197 atau setara dengan Rp20.000.444.483.590. Berikut merupakan hasil evaluasi ekonomi yang telah dilakukan untuk perancangan pabrik mesitilena dengan kapasitas 4.000 ton/tahun yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Evaluasi Ekonomi

Parameter	Hasil Perhitungan	Syarat Kelayakan
Pay Out Time (POT)	3,6 tahun	(POT < 5 tahun)
Rate of Return (ROR)	23%	(13% < ROR)
Break Even Point (BEP)	44,56%	40% < BEP < 60%

Berdasarkan Tabel 5, pabrik layak didirikan karena sudah memenuhi syarat kelayakan dalam

pendirian pabrik kimia. Berikut pada Gambar 1 merupakan analisis BEP secara grafis didapatkan hasil sebesar 45%.



Gambar 1 Grafik BEP

6. Kesimpulan

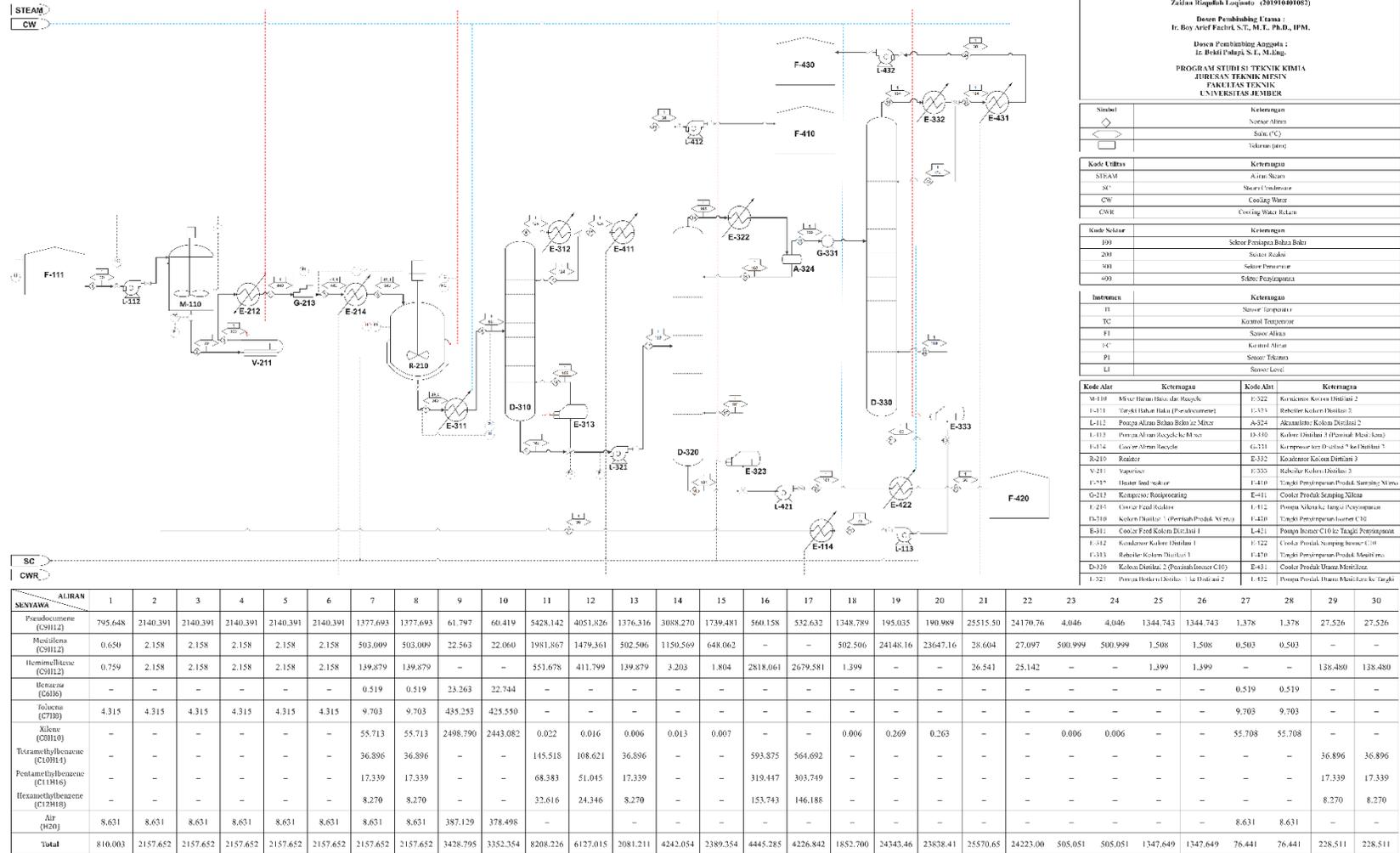
Berdasarkan uraian dan pembahasan pada perancangan pabrik mesitilena dengan kapasitas 4.000 ton/tahun menggunakan metode isomerisasi *pseudocumene*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pabrik mesitilena dengan kapasitas sebesar 4.000 ton/tahun menggunakan metode isomerisasi *pseudocumene* dan katalis ZSM-5.
2. Pabrik mesitilena beroperasi secara kontinyu selama 330 hari selama satu tahun dan 24 jam per hari beroperasi dengan jadwal *maintenance* selama 35 hari.
3. Unit utilitas pabrik mesitilena meliputi unit penyedia air, unit penyedia *steam*, unit pengadaan tenaga listrik dan unit penyedia bahan bakar
4. Bentuk badan usaha yang direncanakan untuk pabrik mesitilena adalah perseroan terbatas (PT) dengan total karyawan sebanyak 74 orang.
5. Berikut merupakan hasil evaluasi ekonomi:
 - a. Laba bersih = Rp20.000.444.483.590
 - b. Lama waktu pengembalian (POT) = 3,6 tahun
 - c. Laju Pengembalian modal (ROR) = 23%
 - d. BEP / titik impas = 44,56% berdasarkan perhitungan analitik dan 45% berdasarkan perhitungan grafis.

Berdasarkan analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik mesitilena dengan kapasitas produksi 4.000 ton/tahun layak untuk didirikan.



PRA-PERANCANGAN PABRIK MESITILENA DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN MENGUNAKAN METODE ISOMERISASI PSEUDOCUMENE



Gambar 1. Flow Diagram Process dari Proses Produksi Mesitylene

PRA-PERANCANGAN PABRIK MESITILENA DENGAN KAPASITAS 4.000 TON/TAHUN MENGGUNAKAN METODE ISOMERISASI PSEUDOCUMENE

Disusun Oleh:
Ika Putri Naimanur Rohmah (201910401626)
Diana Permata Nur M. J. (201910401068)
Zaidah Romadhani Laseptia (201910401065)

Dosen Pembimbing Utama:
Ir. Boy Arif Fachri, S.T., M.T., Ph.D., IPM.

Dosen Pembimbing Anggota 1:
Ir. Bekti Palsari, S. E., M.Eng.

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

Simbol	Keterangan
	Heat Exchanger
	Tank
	Valve
	Control Valve
	Jacket

Kode Unit	Keterangan
STEAM	Steam
WC	Water
CW	Cooling Water
CWR	Cooling Water Return

Kode Sektor	Keterangan
100	Sektor Perawatan Bahan Baku
200	Sektor Reaksi
300	Sektor Pemurnian
400	Sektor Pengemasan

Instrumen	Keterangan
TI	Transmitter
TC	Control Temperature
FI	Signal Flow
LC	Control Level
PI	Signal Pressure
LI	Signal Level

Kode Alat	Keterangan	Kode Alat	Keterangan
E-110	Heat Exchanger	E-322	Heat Exchanger
E-111	Heat Exchanger	E-323	Heat Exchanger
E-112	Heat Exchanger	E-324	Heat Exchanger
E-113	Heat Exchanger	E-332	Heat Exchanger
E-114	Heat Exchanger	E-333	Heat Exchanger
E-115	Heat Exchanger	E-411	Heat Exchanger
E-116	Heat Exchanger	E-412	Heat Exchanger
E-117	Heat Exchanger	E-422	Heat Exchanger
E-118	Heat Exchanger	E-431	Heat Exchanger
E-119	Heat Exchanger	E-432	Heat Exchanger

DAFTAR PUSTAKA

- 6Wresearch. 2022. *Indonesia Mesitylene Market (2024-2030) Outlook*. 6Wresearch. <https://www.6wresearch.com/industry-report/indonesia-mesitylene-market-outlook>. Diakses pada 12 Juni 2024.
- Aiginger, K., & Rodrik, D. 2020. Rebirth of Industrial Policy and an Agenda for the Twenty-First Century. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 20(2), 189–207.
- Aquachem Industrial Ltd. *Aquachem Industrial Limited*. <https://hipetrochem.en.made-in-china.com/>. Diakses pada 5 Mei 2024.
- Brownell, L.E., & Young, E.H. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Coherent. 2023. *Mesitylene Market Analysis*. <https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/mesitylene-market>.
- Coulson, & Richardson. 2003. *Chemical Engineering Sixth Edition*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Dalloro, L., Bollate., Cesana, A., Brianza, C., Buzzoni, R., Torinese, S, M., Rivetti, F., Milan., Fois, G, A., Torres, P., Rizzo, C., Milanese, S, D., & Arrigoni, V. United State. 2004 Nov 11. *Process For The Production of Mesitylene*. Patent Application Publication. US 2004/0225170A1.
- Ditjen AHU Online. 2024. *Perseroan Terbatas*. Direktorat Jenderal Administrasi Hukum Umum Kementerian Hukum Dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. <https://ahu.go.id/perseroan-terbatas>. Diakses pada 03 Juni 2024.
- Fonna, N. 2019. *Pengembangan Revolusi Industri 4.0 dalam Berbagai Bidang*. Guepedia.
- Formula, S. 2012. *Sids Initial Assessment Profile Chemical Category US/ICCA C 9 Aromatic Hydrocarbon Solvents Category and CAS Numbers with Structural Formula*. US / ICCA. CoCAM 2.
- Fogler, H. Scott. 2016. *Elements of Chemical Reaction Engineering 5th Edition*. New York: Pearson Education, Inc.
- Geankoplis, C, J., Allen, Hersel., & Daniel H, L. 2018. *Transport Process And Separation Process Principles 5th Edition*. USA: Pearson Education, Inc.
- Grand View Research. 2022. *Xylene Market Size, Share & Trends Report*. Grand View Research. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/xylene-market-analysis-market>.
- Holland, F, A., & Chapman, F, S. 1966. *Liquid Mixing and Processing in Stired Tang*. 1st ed. Reinhold Publishing Co-Chapman & Hall, Ltd., London.
- Information, N. C. for B. 2023. *PubChem Compound Summary for CID 7947, Mesitylene*.
- James, R, C., Roy, P., James, R, F., & Stanley, M, W. 2012. *Chemical Process Equipment - Selection and Design*. 3rd Edition, Elsevier.
- Kern, D, Q. 1965. *Process Heat Transfer*. NewYork: Mc Graw-Hill.
- Kusnarjo. 2010. *Desain Pabrik Kimia*. 1st ed. Surabaya: Erlangga.
- Ladenburg, A. 1874. Ueber das Mesitylene (On mesitylene). *Berichte Der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 7, 1133–1137.
- Litvinov, I. A., Bukharov, S. V., & Karamov, F. A. 2019. Molecular and Crystal Structure of Symmetric Sulfur-Containing Sterically Hindered Trisphenols. *Journal of Structural Chemistry*, 60(2), 302–307.
- Matches. 2014. *Process Equipment Cost Estimates*. Matches. <https://www.matche.com>.
- Merch Milipore. 2021. *Safety Data Sheet*. Merch Milipore. <https://www.merckmillipore.com/ID/id/support/safety/safety-data-sheets/>.
- Mordor Intellegence. 2024. *BTX Market Size & Share Analysis*. Mordor Intellegence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/benzene-toluene-xylene-btx-market>.
- National Center for Biotechnology Information. 2024. *PubChem Compound Summary for CID 7947, Mesitylene*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Mesitylene>.
- Perry, R, H., & Green, D, W. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7th ed., Mc. Graw-Hill Book Company, New York.
- Peters, M, S., & Timmerhaus, K, D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed. Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York.
- Sigma Aldrich. 2021. *Product Safety*. Merch. <https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/life-science/safety>.
- Smith, J, M., & Vanness, H, C. 1981. *Chemical Engineering Kinetics*. 3rd Edition. Mc. Graw Hill Book Company Inc., Singapore.
- Towler, G., & Sinnott, R. 2008. *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. Oxford: Elsevier Inc.
- Thermofisher Scientific. 2023. *Safety Data Sheet*. Thermofisher Scientific. <https://www.fishersci.com/us/en/catalog/search/sdshome.html>.
- Treybal, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation*. 3rd





- ed. McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Ulrich, G, D. 1984. *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York : John Willey and Son, Inc.
- Wayne, N, J, C, Y. 2021. *Mennonites and Post-Colonial African Studies*. J. John M (ed.).
- Winoko, Y, A. 2017. *Pengujian Daya dan Emisi Gas Buang Edisi Revisi*. Polinema Press.
- Wuxi High Mountain Hi-tech Development Co. Ltd. 202-436-9 Pseudocumene 4-Trimethyl-Benzene Trimethylbenzene Cas 95-63-6 C9H12.
<https://indonesian.highmountainchem.com/sale-37719391-202-436-9-pseudocumene-4-trimethyl-benzen-trimethylbenzene-cas-95-63-6-c9h12.html>.
- Yaws, C, L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbooks. New York.
- Yurui, L., Xuanchang, Z., Zhi, C., Zhengjia, L., Zhi, L., & Yansui, L. 2021. Towards the progress of ecological restoration and economic development in China's Loess Plateau and strategy for more sustainable development. *Science of The Total Environment*, 756, 143676.

