



Pemodelan Proses Produksi Metil Klorida Dari Metanol Dan Asam Klorida Menggunakan Aspen Hysys

Uzli Jannah^{1,*}, Nasrul ZA², Meriatna³, Zulfazri⁴ and Rozanna Dewi⁵, Fitriani⁶ dan Muhammad⁷

¹ Universitas Malikussaleh 1 (Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355).

² Universitas Malikussaleh 1 (Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355).

³ Universitas Malikussaleh 1 (Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355).

⁴ Universitas Malikussaleh 1 (Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355).

⁵ Universitas Malikussaleh 1 (Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355).

⁶ Informatika Medis, Fakultas Kesehatan Teknologi dan Sains, Universitas Bumi Persada,

⁷ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh,

*Corresponding author: nasrulza@unimal.ac.id

Abstrak: Metil klorida digunakan sebagai bahan kimia untuk produksi berbagai produk industri yang penting. Aplikasinya yang luas terus meningkatkan permintaan pasar globalnya. Untuk memenuhi permintaan pasar global, penelitian ini difokuskan untuk mendesain sebuah model simulasi proses produksi metil klorida melalui hidroklorinasi metanol dengan upaya untuk meningkatkan efisiensi dari segi jumlah peralatan dan energi untuk mendapatkan kemurnian yang standar. Metode penelitian yang digunakan metode pengembangan, Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan pemodelan proses produksi metil klorida dari metanol dan asam klorida menggunakan *software* Aspen Hysys V.11. **Dimana penelitian ini sudah dilaporkan sebelumnya oleh (Yandrapu, V.P dkk, 2022) dengan judul "Energy, economic, environment assessment and process safety of methylchloride plant using Aspen HYSYS simulation model". Yang belum dilakukan adalah proses optimasi pada jumlah peralatan yang digunakan dan optimasi energi pada prpses produksi metil klorida.** Dengan menggunakan kondisi operasi yang sama tetapi memodifikasi platform penelitian untuk mendapatkan kemurnian yang sama, tetapi mengoptimalkan jumlah peralatan, mengoptimalkan energi untuk mendesain proses produksi untuk dapat mengurangi biaya produksi dan lebih ekonomis untuk pabrik. Hasil penelitian ini model simulasi proses produksi metil klorida yang sudah dimodifikasi flowshweet proses produksinya, simulasi proses produksi metil klorida melalui hidroklorinasi metanol menggunakan 11 peralatan, analisis energi menggunakan aspen energi analyzer, peluang penghematan utilitas total 74,98% dapat menghemat 3405 kW panas yang tidak termanfaatkan dalam proses, dan hasil kemurnian produk metil klorida 99,33%. Asumsi dari sisi perspektif ekonomi banyak alat yang terbuang sehingga peluang *cost* produksi pabrik ini untuk modal dasar pasti rendah, BEP semakin cepat dan Perusahaan semakin cepat mendapatkan balik modal.

Kata Kunci: Efisien; Flowsheet; Kemurnian; Metil Klorida; dan Optimasi Energi.

1. Pendahuluan

Metil klorida digunakan untuk bahan kimia produksi berbagai produk industri yang penting. Aplikasinya yang luas terus meningkatkan permintaan pasar globalnya. Untuk memenuhi permintaan pasar global, beberapa perusahaan mencoba meningkatkan kapasitas pabrik mereka yang ada dan beberapa akan membangun pabrik yang baru. Pabrik metil klorida yang ada di dalam Indonesia masih sedikit sedangkan kebutuhannya didalam negeri sangat dibutuhkan, sehingga Indonesia banyak mengimpor metil klorida, dibandingkan eksportnya.

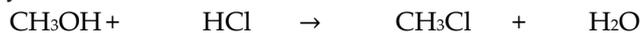


Pendirian pabrik metil klorida diharapkan agar kebutuhan dalam negeri tercukupi dan mengurangi impor dari luar serta meningkatkan eksportnya. Pendirian pabrik ini dapat mendorong perkembangan industri kimia yang meningkatkan perekonomian, serta membuka lapangan kerja bagi masyarakat Indonesia serta bahan baku metal klorida ada di Indonesia.

Metil klorida atau nama lainnya klorometana adalah senyawa organik yang memiliki rumus CH_3Cl . Termasuk golongan gas yang tidak berwarna dan berbahaya dengan sifat mudah terbakar. Produksi metil klorida dapat dilakukan dengan proses klorinasi metana dan proses hidroklorinasi metanol. Metil klorida dibuat dengan cara mereaksikan metanol dengan asam klorida (Repko dan Lasley, 1979). Menurut (Schmidt dkk, 2013) Diantara kedua rute tersebut, hidroklorinasi metanol yang paling banyak digunakan di industri.

Dalam beberapa tahun terakhir, rute hidroklorinasi metanol untuk menghasilkan metil klorida menjadi lebih penting dibandingkan dengan rute klorinasi metana ketika metil klorida merupakan produk utama yang penting. Keuntungan dari proses ini adalah rendahnya biaya reaktan metanol dan kemudahan dalam penyimpanan dan transportasi. Kondisi dalam memilih metanol reaktan adalah harus memiliki kemurnian tinggi (99.9%) dan hydrogen klorida harus bersih, Pemilihan reaktan yang sangat murni akan memperpanjang umur katalis aluminium oksida. Dengan bantuan katalis, reaksi antara CH_3OH dan HCl menghasilkan metil klorida. Metanol dan uap HCl dalam jumlah yang sama direaksikan.

Reaksinya :



Untuk mengetahui suhu operasi terbaik untuk reaktor dan untuk mendapatkan hasil produk yang maksimal, maka dilakukan studi kasus. Dalam studi ini, suhu reaktor sebagai variabel bebas dan fraksi masa metil klorida (CH_3Cl) dalam aliran keluaran reaktor sebagai variabel terikat. Hasil terbaik menunjukkan bahwa suhu operasi ditemukan antara $280\text{ }^\circ\text{C}$ dan $300\text{ }^\circ\text{C}$. Tren ini sesuai dengan nilai literatur (Rossberg dkk, 2000).

Berdasarkan hasil penelitian Vikranth Pridhvi Yandrapu, dkk dengan Judul "*Energy, economic, environment assessment and process safety of methylchloride plant using Aspen HYSYS simulation model*". Dari penelitian sebelumnya penulis melihat aspek ekonomi yang diperlukan cukup besar, jumlah peralatan yang berlebih, prosesnya kurang akurat. Maka penulis mencoba membuat desain ulang dengan pengurangan jumlah alat yang tidak diperlukan seperti alat-alat V-101, E-100, V-102, P-101, Mix-101, ADJ-1, ADJ-2, dan T-101. penelitian ini akan berfokus pada optimasi kondisi operasional seperti peralatan, penghematan energi, dan rasio bahan baku untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal kualitas metil klorida yang dihasilkan sama dengan penelitian sebelumnya dan efisiensi proses.

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian pengembangan sebagai acuan. Metode penelitian pengembangan dipilih karena, dengan metode ini penulis dapat mengidentifikasi masalah, menguji berbagai solusi, dan mengembangkan proses yang baru atau yang sudah ada dengan tujuan Memengoptimalkan desain dan operasi pabrik produksi metil klorida dengan mempertimbangkan efisiensi proses, biaya produksi, untuk mencapai kemurnian yang optimal.

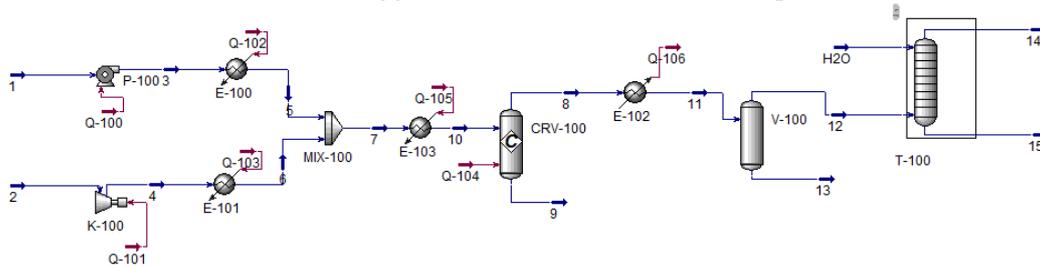
Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "**PEMODELAN PROSES PRODUKSI METIL KLOORIDA DARI METANOL DAN ASAM KLOORIDA MENGGUNAKAN ASPEN HYSYS**".

2. Metode



Adapun metode penelitian ini terdiri 3 tahapan, tahap yang pertama dalam penelitian ini adalah meriview penelian pertama dari penelilian sebelumnya juga terjadi pemborosan penggunaan jumlah peralatan yang berlebih, prosesnya kurang akurat dan masih bias mengoptimasi energi yang dibutuhkan. Maka penulis mencoba membuat desain ulang dengan pengurangan jumlah alat yang tidak diperlukan seperti alat-alat V-101, E-100, V-102, P-101, Mix-101, ADJ-1, ADJ-2, dan T-101. penelitian ini akan berfokus pada optimasi kondisi operasional seperti peralatan, penghematan energi, dan rasio bahan baku untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal kualitas metil klorida yang dihasilkan sama dengan penelitian sebelumnya dan efesiensi proses. penelitian ini dapat diimplementasikan dalam desain rekayasa proses.

Pada tahap yang kedua yaitu tahap pembuatan model simulasi proses produksi metil klorida menggunakan Aspen Hysys



Gambar 1. Model simulasi pabrik Proses Produksi Metil Klorida

Untuk meniru proses yang sebenarnya pemodelan dilakukan dengan menggunakan aktivitas persamaan keadaan Peng-Robinson untuk karakteristik uap, persamaan termodinamika ini dilaporkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Untuk umpan metanol diasumsikan 110 kgmol/hr, umpan asam klorida diasumsikan 100 kgmol/hr untuk suhu dan tekanan sesuai atmosfer. Tekanan Stream methanol dinaikkan menjadi 500 kPa menggunakan pompa P-100. Tekanan Stream HCl dinaikkan menjadi 500 kPa menggunakan kompresor K-100. Aliran 1 dan aliran 2 dipanaskan terlebih dahulu menggunakan preheater E-100 dan E-101, diaduk secara spektrofotometer dan dicampur di mixer MIX-100. Campuran stream-7 dipanaskan hingga 250°C menggunakan heater E-102 dan dialirkan ke CRV-100. Pada reaktor, kondisi operasi 300 °C 500 kPa. Keluaran stream-9 dari reaktor diturunkan suhunya menggunakan cooler E-103. Keluaran stream-11 dikirim ke separator V-100 dimana terjadi pemisahan antara produk (CH_3Cl) di stream 12, selanjutnya diturunkan kembali suhunya dan dialirkan ke Absorber T-100 untuk memindahkan kelebihan air dan methanol. Produk metil klorida dengan kemurnian di atas 99% ditampung dalam aliran CH_3Cl .

Pada tahap yang ketiga yaitu Persiapan Running Menjalankan simulasi hingga status pada Aspen Hysys V.11 menjadi *converged*. Dan melakukan beberapa Uji antara lain:

1. Kemurnian produk metil klorida di atas 99%.
2. Pengurangan jumlah peralatan yang tidak diperlukan.
3. Dengan menggunakan perangkat lunak Aspen Energy Analyzer dan Aspen Hysys, potensi penghematan energi di seluruh proses dapat diperiksa untuk meningkatkan sistem energi saat ini di fasilitas produksi metil klorida.

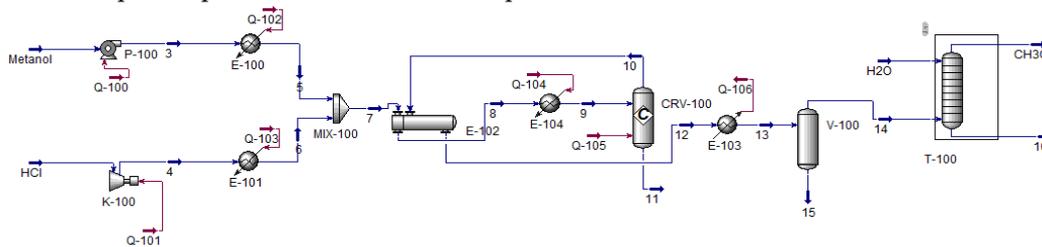
Dari hasil beberapa uji yang diatas jika hasil produk metil klorida sesuai dengan tujuan penelitian ini maka dinyatakan siap desain baru ini lebih baik dari perspektif jumlah peralatan, optimasi energi, kemurnian produk dengan produksi yang lenih ekonomis.

3. Hasil dan Pembahasan



Penelitian ini didesain menggunakan proses hidroklorinasi metanol untuk produksi metil klorida dengan menggunakan software Aspen Hysys V.11. Hasil penelitian ini berupa memodifikasi platform penelitian sebelumnya proses produksi metil klorida dengan membuat platform yang baru proses produksi metil klorida yang lebih sederhana peralatannya dan efisien dari segi energi dengan mempertimbangkan hasil kemurnian produknya sama dengan penelitian sebelumnya. Dengan bantuan perangkat lunak Aspen Hysys dan Aspen Energy Analyzer, dimungkinkan untuk memeriksa potensi penghematan energi di seluruh proses dan meningkatkan sistem energi saat ini di fasilitas produksi metil klorida.

Berdasarkan hasil penelitian simulasi yang dilakukan pada pemodelan proses produksi metil klorida dari metanol dan asam klorida menggunakan aspen hysys v.11, maka gambar flowsheet proses produksi metil klorida dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 2 Flowsheet Proses Produksi Desain Metil Klorida

Hasil dari penelitian pada jurnal sebelumnya penulis melihat aspek ekonomi yang diperlukan cukup besar, jumlah peralatan yang berlebih. Maka penulis mencoba membuat desain ulang dengan pengurangan jumlah alat yang tidak diperlukan pada pemurnian keduanya seperti alat-alat V-101, E-100, V-102, P-101, Mix-101, ADJ-1, ADJ-2, dan T-101. Asumsi dari sisi perspektif ekonomi banyak alat yang terbuang sehingga peluang *cost* produksi pabrik ini untuk modal dasar pasti rendah, BEP semakin cepat dan Perusahaan semakin cepat mendapatkan balik modal. Kemungkinan juga depresiasi alat semakin tinggi karna tekanan dan *temperature* operasi yang rendah sehingga peralatan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, modifikasi maka data pengamatan hasil kemurnian metil klorida dari methanol dan asam klorida dapat dilihat pada Tabel di bawah:

Tabel 3. Hasil Kemurnian Produk Metil Klorida yang telah dimodifikasi flowsheet proses produksinya

	Mole Fractions	Vapor Phase
Metanol	0.0000	0.0000
HCl	0.0000	0.0000
Metil Klorida	0.9933	0.9933
H ₂ O	0.0067	0.0067

(Sumber : Lab Komputasi Teknik Kimia Universitas Malikussaleh, 2023)

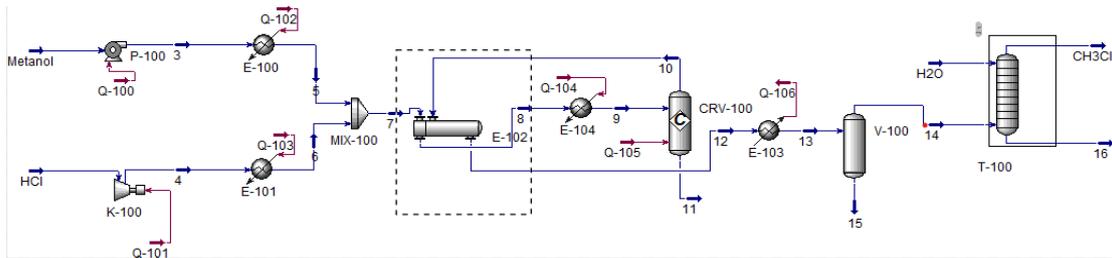
hasil kemurnian metil klorida dari metanol dan asam klorida menggunakan proses hidroklorinasi metanol mendapatkan produk murni 99,33%. Menurut literatur mendapatkan produk murni 99,9% adalah persyaratan industri (Yandrapu, V.P dkk, 2022). Menurut Qu Zhou Ruitong minimal kemurnian metil klorida 99,5%.

Model simulasi diuji keakuratannya dalam mempresentasikan perilaku proses secara *real-time*. Untuk memenuhi persyaratan ini, analisis sensitivitas dilakukan dengan menguji parameter kinerja utama proses dan trennya dengan nilai literatur. Dalam analisis sensitivitas, sensitivitas antara satu set variabel independent dan dependen diuji. Studi ini berguna untuk memprediksi



kondisi operasi yang lebih baik untuk menjalankan proses dengan aman dan efektif (Yandrapu, V.P dkk, 2022).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya dan yang sudah dimodifikasi, maka data pengamatan flowsheet proses produksi metil klorida yang sudah dioptimasi energinya dapat dilihat pada Gambar 4.3.

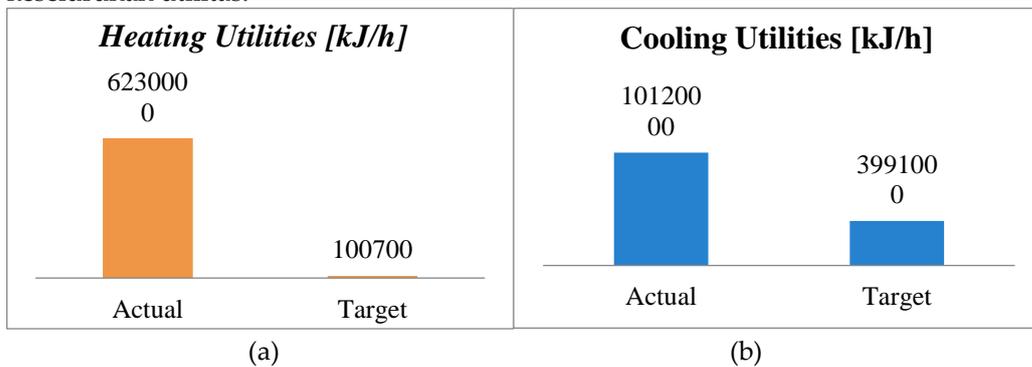


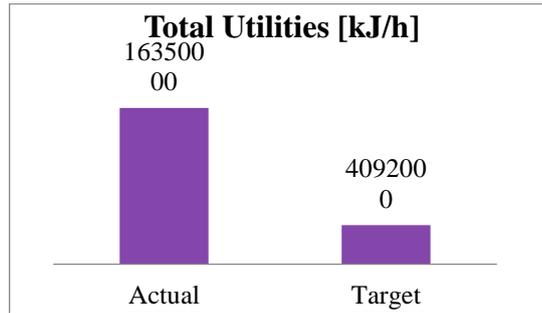
Gambar 3 Pemodelan Proses Produksi Metil Klorida yang Sudah Dioptimasi Energinya Menggunakan Aspen Hysys V.11, 2023

Dari gambar di atas modifikasi proses yang disarankan untuk penggunaan energi yang efektif. sebuah penukar panas baru ditambahkan ke jaringan penukar panas kasus dasar dan desain retrofit di atas. Penukar panas *shell and tube* baru E-102 ditambahkan antara mixer (MIX-100) dan heater (E-104). Aliran *outlet* campuran 7 dari mixer (MIX-100) dihubungkan sebagai aliran masuk ke *tube out*, aliran *outlet* reaktor (CRV-100) masuk ke sisi *shell inlet*, aliran 8 keluaran dari tube inlekt dipanaskan Kembali menggunakan *heater* dan masuk ke reaktor, dan aliran 12 dari *shell outlet* telah terjadi pertukaran panas sehingga mengurangi beban kerja heater e-102 dan *coller* e-103. Dan dengan menambahkan alat penukar panas pada proses produksi metil klorida tersebut, maka dapat meningkatkan potensi penghematan utilitas total hingga 74,98% dan dapat menghemat 3405 kW panas yang tidak dimanfaatkan dalam proses.

Optimasi konsumen energi dari proses dapat dievaluasi dengan menggunakan analisis energi menggunakan *aspen hysys analyzer*. Aspen hysys analyzer merupakan perangkat lunak manajemen energi untuk mendapatkan desain jaringan penukar panas yang optimal dan meminimalkan kebutuhan energi proses (Aspentech, 2021).

Berikut Gambar diagram hasil menganalisis potensi penghematan energi pada keseluruhan proses dengan bantuan perangkat lunak aspen hysys dan aspen energy analyzer. Pada diagram batang berwarna orange ditunjukkan bagian utilitas pemanas, Pada diagram batang berwarna biru utilitas pendingin, dan Pada diagram batang berwarna ungu total keseluruhan utilitas.





(c)

Gambar 4 Diagram Batang Hasil Optimasi Energi pada Utilitas menggunakan Aspen Energy Analyzer, 2023

Tabel Ringkasan dari gambar Diagram Batang Hasil Optimasi Energi pada Utilitas menggunakan Aspen Energy Analyzer

<i>Property</i>	<i>Actual (kW)</i>	<i>Target (kW)</i>	<i>Available saving (kW)</i>	<i>Actual (%)</i>
<i>Total Utilities</i>	4.541	1.137	3.404	74,98
<i>Heating Utilities</i>	1.730	28	1.702	98,38
<i>Cooling Utilities</i>	2.811	1.108	1.702	60,57

(Sumber: Lab Komputasi Teknik Kimia Universitas Malikussaleh, 2023)

Dari tabel di atas dapat disimpulkan, potensi penghematan energi ditunjukkan, terlihat bahwa total beban utilitas *actual* yang dibutuhkan adalah 4.541 kW dan 1.137 kW adalah beban utilitas target. Selisih beban adalah 3.404 kW. Selisih beban menunjukkan kemungkinan penghematan energi dari total utilitas, ini menafsirkan 74,98% dari total utilitas yang sebenarnya. Total potensi penghematan actual pada utilitas pemanas adalah 98,38%, potensi penghematan actual pada utilitas pendingin adalah 60,57%.

Menurut literatur penghematan utilitas dapat mempengaruhi efisiensi produksi pada pabrik dengan cara mengurangi konsumsi energi, biaya operasional, dan sumber daya yang tidak penting atau dengan mengoptimalkan proses produksi dan penggunaan teknologi yang sesuai penghematan utilitas dapat dicapai dengan mengoptimalkan aliran bahan baku dan produk, menggunakan teknologi yang sesuai, serta mempertimbangkan faktor ekonomi dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik. Dengan demikian, penghematan utilitas dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi pada pabrik dengan mengurangi biaya operasional dan meningkatkan penggunaan sumber daya yang efisien dan efektif.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini dilakukan perbandingan simulasi pemodelan proses produksi metil klorida menggunakan aspen hysys dengan memodifikasi platform *flowsheet* penelitian sebelumnya, dengan menyederhanakan jumlah peralatan, mengoptimasi jumlah energi yang dibutuhkan, dan mencapai kemurnian yang sama dengan penelitian sebelumnya. Dan dengan menambahkan alat penukar panas pada proses produksi metil klorida tersebut, maka dapat meningkatkan potensi penghematan utilitas total hingga 74,98% dan dapat menghemat 3405 kW panas yang tidak termanfaatkan dalam proses. Hasil kemurnian produk metil klorida adalah 99,33%. Dengan pengurangan jumlah alat yang tidak diperlukan pada jurnal sebelumnya. Asumsi dari sisi perspektif ekonomi banyak alat yang

terbuang sehingga peluang *cost* produksi pabrik ini untuk kapital modal dasar pasti rendah, BEP semakin cepat dan Perusahaan semakin cepat mendapatkan balik modal. Kemungkinan juga depresiasi alat semakin tinggi karna tekanan dan *temperature* operasi yang rendah sehingga peralatan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.

5. Daftar Pustaka

- Aspentech, 2021. *Aspen Energy Analyzer*, Aspen Technology Inch., (accessed 15.11.23).
- Dasril, A. R. (2020). Strategi Implementasi & Optimalisasi Manajemen Energi Di Pt Semen Padang Sebagai Upaya Keunggulan Bersaing Di Industri Persemenan Nasional. *COMPETITIVE Jurnal Akuntansi Dan Keuangan*, 4(2), 166. <https://doi.org/10.31000/c.v4i2.2322>.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1997, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, 4 th ed., The Interscience Encyclopedia Inc, New York.
- Kirk,,R.E. and Othmer, D.F., 1979, *Encyclopedia of Chemical Tecchnology*, vol 5, The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York.
- Mc Ketta, JJ.,1990, “ *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* “,VOL 4, Marcell Decker. Inc, New York.
- McInroy, A. R., Winfield, J. M., Dudman, C. C., Jones, P., & Lennon, D. (2016). The development of a new generation of methyl chloride synthesis catalyst. *Faraday Discussions*, 188(0), 467–479. <https://doi.org/10.1039/c5fd00202h>.
- Montastruc, L., Belletante, S., Pagot, A., Negny, S., Raynal, L., 2019. From conceptual design to process design optimization: a review on flowsheet synthesis. *Oil Gas Sci. Technol.* 74, 80. doi:10.2516/ogst/2019048, Rev. d’IFP Energies Nouvelles.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1997. *Perry’s Chemical Engineers’ Handbook 7th Edition*. McGraw Hill: New York.
- Putra Yudi dkk., 2014. Pengaruh Pencampuran Premium Dan Metanol Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Vario Techno PGM-FI. Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
- Rosberg, M., Lendle, W., Pfeleiderer, G., Togel, A., Torkelson, T.R., Beutel, K.K., 2000. Chloromethanes. In: Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley, New York, pp. 15–42. https://doi:10.1002/14356007.a06_233.pub4.
- Schmidt, S.A., Kumar, N., Reinsdorf, A., Eranen, K., Warna, J., Murzin, D., Salmi, T., 2013. Methyl chloride synthesis over Al₂O₃ catalyst coated microstructured reactor-thermodynamics, kinetics and mass transfer. *Chem. Eng. Sci.* 95, 232–245. <https://doi:10.1016/j.ces.2013.03.040>.
- Spevak L, Nadj V & Felle D (1976). Methyl chloride poisoning in four members of a family. *Br. J. Industr. Med*
- Yandrapu, V. P., & Kanidarapu, N. R. (2021). Process design for energy efficient, economically feasible, environmentally safe methyl chloride production process plant: Chlorination of methane route. In *Process Safety and Environmental Protection* (Vol. 154). <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.08.027>.
- Yandrapu, V. P., & Kanidarapu, N. R. (2022a). Conceptual Design of Methyl Chloride Production Processes: A Review. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*,



- 66(3), 341–353. <https://doi.org/10.3311/PPch.19556>.
- Yandrapu, V. P., & Kanidarapu, N. R. (2022b). Energy, economic, environment assessment and process safety of methylchloride plant using Aspen HYSYS simulation model. *Digital Chemical Engineering*, 3(February), 100019. <https://doi.org/10.1016/j.dche.2022.100019>
- Yaws, Carls., 1999 “*Chemical Properties Handbook*”, McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Zhang., Zhihao., Zhe Wu., David Rincon., Carlos Garcia., and Panagiotis D., Christofides.,2019. Operational safety of chemical processes via Safeness- Index based MPC: Two large-scale case studies. *Computers & Chemical Engineering*,125,204-215.<https://doi.org/10.1016/j.chompchemeng.2019.03.003>