



ARTIKEL PENELITIAN

Kajian *techno-economy* produk etilen dari etanol berbasis pertumbuhan dan prakiraan pasar di Indonesia

Harta Haryadi^{1,*}, Widi Astuti¹, Chandra Edward Suryanaga², Himawan Tri Bayu Murti Petrus²

¹Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Indonesia

²Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Disubmit 16 Mei 2023; direvisi 11 September 2023; diterima 15 Oktober 2023



OBJECTIVES This study is to conduct an economic analysis of the establishment of an ethylene (methanol derivative) factory so that it can provide an overview to potential investors both for the construction of a factory or for increasing the production capacity of an existing ethylene plant. **METHODS** The supply chain analysis was reviewed based on the production, consumption, export, and import of ethylene in the period 2015-2021, then predictions were made of the development of the ethylene market using a simple linear regression statistical model, with the Compound Annual Growth Rate (CAGR) parameter. **RESULTS** The Market analysis shows that during the period 2022-2035, it is predicted that the volume of ethylene trade will suffer an average deficit of 712,584 tons per year (the average export volume is 108,373 tons per year and the average import volume is 820,957 per year), and the trade balance will experience a deficit of an average of USD 683.63 million or IDR 10.22 trillion per year at an exchange rate of IDR 15,000.00/USD. There is an average ethylene market potential of 820,957 tons per year to meet import needs, so it is proposed to build an ethylene plant with a capacity of 820,000 tons per year. Based on the factory's economic calculations, a CAPEX of IDR 3,555,718,781,508 is required, an OPEX of IDR 3,256,810,716,342, which can provide a profit of IDR 2,057,236,466,859 every year. Furthermore, the results of the economic analysis show ROI_a value of 65%, POT_a of 1.4 years, and a DCFRR of 42.96%. **CONCLUSIONS** Market analysis shows that ethylene has significant prospects so that the utilization of market potential by domestic and foreign inves-

tors can provide benefits both in terms of returns and reduce the burden on foreign exchange. Furthermore, the establishment of a factory to fulfill market potential is attractive in terms of economic parameters so that it can be a further consideration if PT. Chandra Asri Petrochemical is interested in increasing production capacity.

KEYWORDS ethylene; future; growth; market analysis; prospects and opportunities

TUJUAN Penelitian ini untuk melakukan analisis keekonomian pendirian pabrik etilen (turunan metanol) sehingga dapat memberikan gambaran kepada calon investor baik untuk pendirian pabrik atau peningkatan kapasitas produksi pabrik etilen *existing*. **METODE** Analisis rantai pasok ditinjau berdasarkan produksi, konsumsi, ekspor, dan impor etilen dalam kurun waktu 2015-2021, kemudian dilakukan prediksi perkembangan pasar etilen dengan model statistik regresi linier sederhana, dengan parameter *Compound Annual Growth Rate* (CAGR). **HASIL** Analisis pasar menunjukkan selama kurun waktu 2022-2035, diprediksi volum perdagangan etilen akan defisit rata-rata 712.584 ton per tahun (volum ekspor rata-rata sebesar 108.373 ton per tahun dan volum impor rata-rata sebesar 820.957 per tahun), dan neraca perdagangan akan mengalami defisit sebesar rata-rata USD683,63 juta atau Rp10,22 triliun per tahun dengan kurs Rp 15.000,00/USD. Terdapat potensi pasar etilen rata-rata sebesar 820.957 ton per tahun untuk memenuhi kebutuhan impor, sehingga diusulkan pendirian pabrik etilen dengan kapasitas 820.000 ton per tahun. Dilakukan dua pendekatan produksi berdasarkan pabrik independen dengan harga etanol sesuai harga pasar, dan terintegrasi dengan harga etanol sesuai harga produksi etanol. Berdasarkan target MARR 15%, diperoleh nilai margin keuntungan sebesar 1,08% untuk pabrik independen, dan 2,07% untuk pabrik terintegrasi. Pendekatan berdasarkan nilai margin 400 US\$/MT menghasilkan nilai margin keuntungan sebesar 14,23%, untuk pabrik independen dan 20,585 untuk pabrik terintegrasi, dengan nilai DCFRR sebesar 131,46% untuk pabrik independen dan 130,17% untuk pabrik terintegrasi. **KESIMPULAN** Analisis pasar menunjukkan etilen memiliki prospek signifikan sehingga pemanfaatan potensi pasar oleh investor dalam maupun luar negeri dapat memberikan benefit baik dari segi *return* maupun mengurangi beb-

*Korespondensi: hartaharyadi22@gmail.com

an devisa negara. Pendirian pabrik etilen dari etanol menarik apabila diperlukan target produk yang dapat memenuhi aspek keberlanjutan, hanya saja harga etilen yang diperoleh masih belum menarik sehingga membutuhkan regulasi terkait *carbon tax* dan insentif sebelum dapat digunakan. Apabila aspek tersebut dapat terpenuhi, maka pendirian pabrik untuk memenuhi potensi pasar tersebut menarik dari segi parameter ekonomi sehingga dapat menjadi pertimbangan lebih lanjut apabila PT. Chandra Asri Petrochemical berminat untuk meningkatkan kapasitas produksi.

KATA KUNCI : analisis pasar; etilen; masa mendatang; pertumbuhan; prospek dan peluang

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur Indonesia dapat berkembang pesat, jika ketersediaan bahan baku dapat dipenuhi oleh industri domestik dengan harga yang kompetitif, dan produksinya efisien, sehingga dapat bersaing dengan industri manufaktur di pasar global. Salah satu industri yang membutuhkan perhatian yaitu etilen, dengan produk akhir yang banyak dibutuhkan baik di pasar domestik maupun global, dengan bahan baku berupa turunan metanol (CH_3OH) yaitu MTO (*methanol-to-olefins*) (Anwar dan Ramadhian 2016). Namun sampai saat ini, sebagian kebutuhan etilen dalam negeri masih bergantung pada impor. Hal ini disebabkan PT. Chandra Asri Petrochemical (CAP) sebagai satu-satunya produsen etilen di Indonesia belum dapat mencukupi kebutuhan domestik, sehingga berdampak pada industri pengguna etilen sulit bersaing di pasar global akibat harga yang lebih mahal. Hal ini berdampak juga pada pengeluaran devisa negara yang signifikan untuk memenuhi kebutuhan impor etilen, sehingga produsen tidak memiliki jaminan dari sisi rantai pasok (akibat harga bahan baku etilen mengikuti fluktuasi nilai tukar mata uang luar terhadap rupiah), sehingga berdampak lebih lanjut pada pelemahan industri, serta peningkatan harga bahan baku, barang konsumsi, dan barang dagang.

Di sisi lain, potensi ketersediaan bahan baku produksi metanol dan etilen turunan metanol sangat besar, baik dari gas alam maupun gas sintetik dari proses gasifikasi batubara. Untuk itu pemerintah melalui Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015–2035, yang disusun Kementerian Perindustrian Republik Indonesia berusaha memperkuat pengembangan industri methanol untuk mendukung kebutuhan bahan baku dalam negeri, dengan menjadikan pembangunan industri gasifikasi batubara sebagai prioritas pengembangan untuk memperkuat industri methanol dalam negeri (Kementerian Perindustrian 2015). Selain itu, sejalan dengan amanat Undang-Undang No. 3 tahun 2020, sebagai perubahan Undang-Undang No. 4 tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, yang mewajibkan hilirisasi batubara melalui gasifikasi batubara menjadi gas sintetik, dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bahan baku etilen, sehingga berpotensi meningkatkan nilai tambah dan nilai produk batubara yang dapat memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran kepada calon investor yang berminat untuk membangun pabrik etilen di dalam negeri, mengenai besarnya potensi pasar etilen di dalam negeri dalam kurun waktu 2022-2035, dan

pertimbangan bagi PT. Chandra Asri Petrochemical (CAP) untuk memperbesar kapasitas produksinya, sehingga industri di dalam negeri berbasis bahan baku etilen dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor etilen. Pada penelitian ini, disajikan analisis kelayakan pabrik etilen dengan kapasitas produksi 85.000 ton per tahun sebagai gambaran. Selain itu, diberikan juga informasi data ketersediaan bahan baku pembuatan etilen baik dari gas alam maupun gas sintetik dari proses gasifikasi batubara.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bahan baku etilen (turunan metanol) dapat dibuat dari gas alam atau dari gas sintetik hasil gasifikasi batubara, dan Indonesia memiliki sumber daya dan cadangan bahan baku untuk produksi etilen yang sangat besar. Pada tahun 2021, jumlah cadangan terbukti gas alam di Indonesia mencapai 41,62 TCF, sedangkan batubara dengan sumber daya mencapai 110,06 miliar ton serta cadangan 36,27 miliar ton (Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi 2022).

Produksi etilen (turunan metanol) dari bahan baku gas alam maupun gas alam ke etilen glikol (*natural gas to ethylene glycol/NGTEG*) dapat dilakukan, salah satunya melalui teknologi perengkahan uap (*steam cracking*), hanya saja kebutuhan energi dan emisi karbon yang tinggi masih menjadi kendala (Gao dkk. 2019). Alternatif proses lain seperti perulangan kimia (*chemical looping*), membran, elektrokimia, dan sistem berbasis plasma memiliki potensi sebagai metode alternatif hemat energi dengan emisi karbon lebih rendah (Gao dkk. 2019). Katalis, elektrokatalis, dan/atau katalis redoks juga berperan penting dalam kinerja teknologi produksi etilen ini. Kesulitan pada proses produksi etilen terletak pada reaksi (katalitik) untuk pembentukan etilen, persiapan bahan baku (pemisahan udara untuk konversi oksidatif), dan pemisahan produk. Bila ditinjau dari sisi bahan baku, terdapat kelebihan dan kekurangan masing-masing antara gas alam dan gas sintetik dari gasifikasi batubara. Menurut penelitian Yang et al. (2020), produksi etilen dari gas sintetik dari gasifikasi batubara memiliki keunggulan signifikan dari segi biaya dibanding gas alam menjadi etilen glikol (NGTEG), namun memiliki kekurangan pada konsumsi energi yang tinggi, efisiensi yang rendah, emisi CO_2 yang serius, dan pembuangan air limbah (Yang dkk. 2020). Dari sisi proses dan lingkungan, etilen yang diproduksi dari gas alam lebih baik dibandingkan gas sintesis batubara, namun dari segi biaya produksi dan *internal rate of return* (IRR) lebih ekonomis.

Metanol atau metil alkohol (CH_3OH) adalah zat antara yang banyak digunakan untuk menghasilkan produk bernilai tinggi, dengan nilai pasar global sebesar USD 44,4 Miliar pada tahun 2021 dan perkiraan CAGR 4,7% pada akhir 2029 atau awal tahun 2030 akan mencapai USD 72,9 Miliar (Fairfield Market Research 2022), sedangkan pasar untuk etilen pada tahun 2021 mencapai USD 176,00 Miliar dan tahun 2030 dengan CAGR 5,58%. Statista memperkirakan pasar etilen global akan mencapai USD 287,00 Miliar, hampir 4,5 kali lipat dari potensi pasar metanol dan nilai pasar terbesar dari etilen diperoleh dari nilai pasar industri plastik (Statista Research Department 2023).

Penggunaan metanol di industri sangat besar, digunakan pada industri turunan (derivatif), sebagai bahan baku sub

derivatif (bahan baku antara), dan sebagai bahan baku antara pada produk akhir (Polaris Market Research 2019). Berbagai industri turunan metanol (derivatif), antara lain, industri Formaldehida (Metanal/Formalin), MTO (*methanol-to-olefins*), MTP (*methanol-to-propylene*), Gasoline (bahan bakar bensin dan biodiesel) Asam asetat, DME (*dimethyl ether*) sebagai pengganti diesel, LPG, solar dan bahan bakar jet, MTBE (*methyl tertiary butyl ether*) dan TAME (*Tersier Amil Metil Eter*), DMT (*dimetil tereftalat*), Metilamina, Klorometana dan MMA (*methyl methacrylate*) (Markets and Markets Analysis 2023).

Salah satu turunan metanol yaitu, MTO (*methanol-to-olefins*), merupakan bahan baku etilen, dan merupakan senyawa hidrokarbon golongan alkena sederhana, yang tersusun atas dua atom karbon dan empat atom hidrogen yang terhubung oleh suatu ikatan rangkap (Methanol Institute 2020). Adanya ikatan rangkap menyebabkan etilen juga disebut sebagai hidrokarbon tak jenuh atau olefin. Etilen berbentuk gas dapat membentuk cairan minyak dan merupakan hasil samping pemrosesan minyak mentah. Etilen memiliki sifat-sifat olefin yaitu, tidak berwarna, tidak berbau, dan mudah terbakar (Grand View Research 2019).

Di Indonesia, etilen digunakan di industri sebagai bahan baku industri petrokimia, sebagai bahan baku *polyethylene* (PE), polietilen tereftalat (PET), etilen oksida, etilen benzene, vinil klorida, etilen glikol dan *Styrene Monomer* (Nizam dan Prasetya 2019). Pada industri akhir (*end use*) di dalam negeri, etilen (Shofia dan Maisarah 2022) digunakan untuk bahan baku plastik, gas, obat bius atau anestesi, industri pupuk, industri serat sintesis, sebagai bahan pengisi, zat pewarna, bahan pembuatan PVC/polivinilklorida, bahan pembuatan pipa paralon, bahan plastik pelapis lantai, pembuaan asam asetat (Laela dan Hairunnisa 2021); sebagai bahan mentah kerajinan tekstil dan pembuatan kain atau *polyester* (Febriyanti dan Rizky 2018); sebagai bahan pembuatan film fotografi dan kaset video serta kaset audio. Dan yang paling besar etilen digunakan sebagai bahan untuk membuat berbagai macam botol plastik untuk industri makanan dan minuman (jus, air mineral), aplikasi *thermoforming* (pembentukan lembaran plastik dengan cara pemanasan dan pembentukan dengan cara pengisapan dan penekanan) yang dikombinasikan dengan serat kaca dan resin teknik (Saputera 2019). Pada botol plastik yang digunakan di industri akhir ada botol yang diberi kode "1" artinya hanya digunakan untuk 1 kali pakai, jangan digunakan berkali-kali dan jangan digunakan untuk menyimpan air hangat atau panas, karena dapat mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker) dalam jangka panjang (Wahyu Utomo dan Arfiana 2023). Penggunaan etilen di luar negeri meliputi, bahan antibeku (*anti-freeze*) dalam sistem mekanis/listrik seperti radiator mobil di negara beriklim dingin (Abu-Hamdeh dkk. 2022), sebagai antibeku, kosmetik agen, pelembab, pelarut, surfaktan, dan pengawet (Jiménez dkk. 2020).

Salah satu perusahaan besar penghasil etilen di Indonesia adalah PT. Chandra Asri Petrochemical (CAP). Dalam kurun waktu 2015-2021 produksi etilen dalam negeri terus meningkat. Pada tahun 2015 produksi etilen sebesar 339.000 ton dan pada tahun 2021 terjadi peningkatan produksi menjadi 900.000 ton, yang merupakan produksi tertinggi selama kurun waktu 2015-2021 (Chandra Asri Petrochemical 2021). Selama kurun waktu tersebut produksi etilen rata-rata se-

besar 753.571 ton setiap tahunnya, dengan rata-rata pertumbuhan tahunan atau *compound annual growth rate* (CAGR) sebesar 17,67% per tahun. Pada kurun waktu yang sama, kebutuhan atau konsumsi seluruh industri pengguna etilen di dalam negeri lebih besar dari produksi. Pada tahun 2015 konsumsi etilen sebesar 1.026.000 ton dan meningkat cukup besar menjadi 1.480.578 ton pada tahun 2021. Selama kurun waktu tersebut rata-rata konsumsi etilen 1.358.654 ton setiap tahunnya dengan pertumbuhan tahunan (CAGR) sebesar 6,30% setiap tahunnya.

Untuk memenuhi kekurangan pasokan etilen bagi industri pengguna dalam negeri, dilakukan impor selama kurun waktu 2015-2021, sebanyak rata-rata 687.660 ton setiap tahunnya, sedangkan ekspornya hanya 82.577 ton setiap tahunnya. Tahun 2021 impor etilen sebesar 710.618 ton dengan nilai US\$527,58 juta, sedangkan ekspornya hanya 130.040 ton dengan nilai sebesar US\$86,69 juta, sehingga neraca perdagangan etilen Indonesia tahun 2021 mengalami defisit sebesar 580.578 ton atau senilai US\$440,88 juta. Selama kurun waktu 2015-2021, Indonesia mengalami defisit neraca perdagangan etilen rata-rata sebesar 605,083 ton setiap tahunnya atau rata-rata defisit senilai US\$578,84 juta. Walaupun ada kekurangan pasokan etilen di dalam negeri, namun dari Kementerian Perdagangan tahun 2021 tercatat ada ekspor yang ditujukan ke Thailand oleh PT. Chandra Asri Petrochemical sebagai perusahaan afiliasinya, sebesar 130.040 ton.

Dari kondisi pasokan dan kebutuhan etilen dalam kurun waktu 2015-2021, dilakukan Analisis Pasar Industri Etilen Turunan Metanol untuk proyeksi pasar etilen 14 tahun ke depan (2022-2035). Untuk melakukan Analisis Pasar Industri Etilen Turunan Metanol di Indonesia, digunakan Model Statistik Regresi Linier sederhana yang fungsinya untuk meramalkan atau memprediksi pasar etilen di masa yang akan datang dalam waktu 14 tahun ke depan (2022-2035). Model lain yang digunakan dalam penelitian ini, untuk mengukur pertumbuhan suatu variabel adalah laju pertumbuhan majemuk tahunan (*Compound Annual Growth Rate/CAGR*) suatu model yang digunakan untuk mengetahui pertumbuhan suatu tahunan pada masa lalu dan sebagai indikator untuk menduga pertumbuhan di masa mendatang (Ibrahim dan Rinienta 2020).

Hasil analisis potensi pasar etilen 2022-2035, memberikan gambaran tren, pertumbuhan dan prakiraan pasar etilen, yang dapat digunakan untuk mendukung bagi calon investor yang mau membangun pabrik etilen di dalam negeri, serta kesempatan yang besar bagi PT. Chandra Asri Petrochemical untuk meningkatkan kapasitas produksinya. Dari hasil analisis pasar ini, diharapkan ada investor yang tertarik untuk membangun pabrik etilen di dalam negeri, untuk mensubstitusi impor etilen dengan potensi keuntungan yang besar sekaligus memberikan keuntungan bagi pemerintah agar dapat mengurangi beban impor bagi Indonesia, serta dapat memasok kebutuhan bahan baku industri akhir (*end use*) etilen di dalam negeri, yang selama ini sebagian besar kebutuhannya dipasok impor.

3. METODE PENELITIAN

Untuk mendukung penelitian Analisis Prospek Pasar Industri Etilen (Turunan Metanol) Di Dalam Negeri, digunakan tiga metode, antara lain metode pengumpulan data, dengan menggunakan data sekunder dari berbagai sumber, antara

lain perusahaan (PT. Chandra Asri Petrochemical), instansi atau lembaga terkait, seperti Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Kementerian Perindustrian, Kementerian Perdagangan, Badan Pusat Statistik serta hasil-hasil penelitian terdahulu dan literatur lainnya yang terkait dengan penelitian, serta media internet yang terkait baik nasional maupun internasional (Febriansyah dan Herviani 2017).

Metode kedua dengan menggunakan metode tabulasi, yaitu mengorganisasikan data-data yang diperoleh, khususnya data pasokan dan kebutuhan eksisting etilen dalam kurun waktu 2015-2021 dan proyeksi kebutuhan dan pasokan etilen 2022-2035, dalam bentuk gambar.

3.1 Model Regresi Linier

Model regresi linier sederhana berfungsi untuk meramalkan atau memprediksi pasar etilen di masa yang akan datang dalam waktu 14 tahun ke depan (2022-2035), baik secara kuantitatif maupun kualitatif (Syahputra 2015). Model Regresi Linier sederhana ini dapat digunakan juga sebagai alat untuk mendeteksi sejauhmana hubungan sebab akibat antara variabel penyebab terhadap variabel bebas. Variabel penyebab atau disebut variabel penduga biasanya dilambangkan sebagai X, sedangkan variabel akibat atau variabel respon dilambangkan sebagai Y. Hubungan antara kedua variabel dalam waktu tertentu dapat dinyatakan dalam model persamaan model regresi linier sederhana yang diberikan pada persamaan 1 (Yuliara 2016):

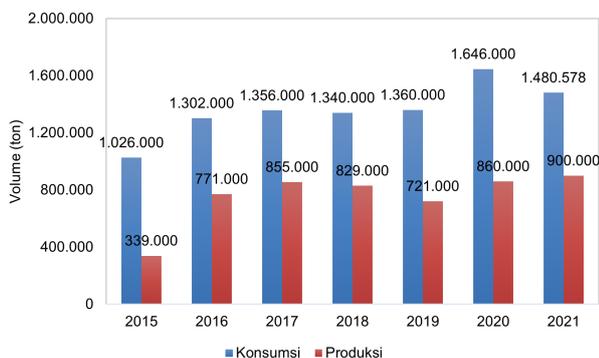
$$Y_t = a + bX_t \tag{1}$$

Dengan,

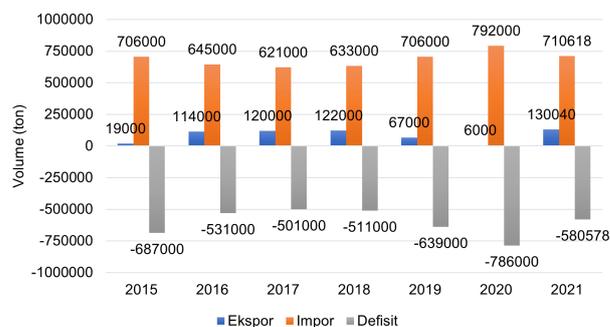
1. Y_t = Variabel respons atau variabel akibat pada waktu t.
2. X_t = Variabel penyebab atau variabel penduga pada waktu t.
3. a = Konstanta regresi
4. b = Koefisien regresi (kemiringan/slope) adalah besarnya setiap variabel respons akibat setiap perubahan yang ditimbulkan oleh variabel penduga.

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan 3.

$$a = \frac{(\sum y) (\sum x^2) - (\sum x) (\sum xy)}{n (\sum x^2) - (\sum x)^2} \tag{2}$$



GAMBAR 1. Pasokan dan kebutuhan etilen Indonesia, tahun 2015-2021 (ton) (Chandra Asri Petrochemical 2021; Badan Pusat Statistik 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2023).



GAMBAR 2. Volume perdagangan etilen Indonesia, tahun 2015-2021 (ton) (Chandra Asri Petrochemical 2021; Badan Pusat Statistik 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2023).

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \tag{3}$$

Model tersebut akan digunakan untuk menghitung atau memperkirakan perubahan variabel penduga pada waktu tertentu.

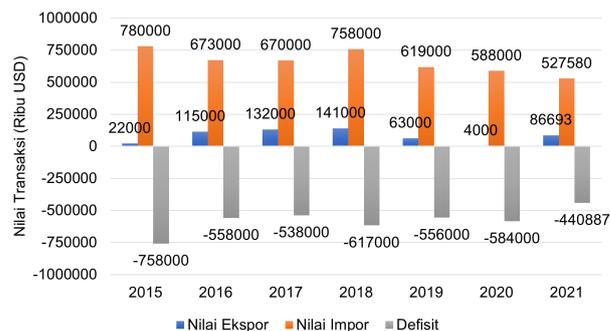
3.2 Compound Annual Growth Rate (CAGR)

Model lain yang digunakan dalam penelitian ini, untuk mengukur pertumbuhan suatu variabel adalah laju pertumbuhan majemuk tahunan (Compound Annual Growth Rate (CAGR), suatu model yang digunakan untuk mengetahui pertumbuhan suatu tahunan pada masa lalu dan sebagai indikator untuk menduga pertumbuhan di masa mendatang dari sebuah variabel dalam beberapa periode (Ibrahim dan Rinienta 2020), yang diberikan pada persamaan 4.

$$CAGR = \left[\left(\frac{\text{Nilai akhir}}{\text{Nilai awal}} \right)^{\frac{1}{\text{jumlah tahun}}} - 1 \right] \times 100\% \tag{4}$$

3.3 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) adalah salah satu parameter keekonomian untuk menilai feasibilitas suatu bisnis. Parameter ini dihitung berdasarkan kebutuhan modal dan nilai cash flow tanpa mempertimbangkan efek dari pengurangan nilai mata uang terhadap waktu. Nilai POT dibedakan menjadi dua jenis, yaitu POT before tax (POT_b) dengan basis nilai cash flow sebelum pajak, dan POT after tax (POT_a) dengan basis nilai cash flow se-



GAMBAR 3. Neraca perdagangan etilen Indonesia, tahun 2015-2021 (Ribu US\$), Rata-rata kurs dolar 2015-2021 Rp. 13.898 (Chandra Asri Petrochemical 2021; Badan Pusat Statistik 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2023).

telah pajak. Perumusan parameter POT diberikan pada persamaan 5.

$$POT = \frac{FC}{P + D} \tag{5}$$

Dengan FC adalah *fixed capital* atau modal tetap awal, P adalah *profit* atau keuntungan tiap tahun, dan D adalah nilai depresiasi.

3.4 Return of Investment (ROI)

Return of Investment (ROI) adalah besarnya modal yang kembali tiap tahun. Parameter ini seperti POT tidak memperhitungkan efek dari pengurangan nilai uang terhadap waktu. Nilai ROI juga dibedakan menjadi dua jenis yaitu, ROI *before tax* (ROI_b) dan ROI *after tax* (ROI_a). Persamaan perhitungan ROI diberikan pada persamaan 6.

$$ROI = \frac{P}{FC} \tag{6}$$

Dengan FC adalah *fixed capital* atau modal tetap awal, P adalah *profit* atau keuntungan tiap tahun, dan D adalah nilai depresiasi. Nilai depresiasi pada pabrik kimia umumnya didekati dengan 10% dari nilai FC.

3.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

Parameter ini menyatakan nilai pengembalian atau *return* dari modal awal tiap tahun tetapi memperhitungkan efek dari pengurangan nilai uang terhadap waktu. DCFRR memiliki arti nilai *interest* atau bunga pinjaman maksimum yang dapat digunakan untuk membiayai suatu proyek, sebagai gambaran apabila nilai DCFRR melebihi bunga pinjaman bank, artinya proyek tersebut dapat dibiayai oleh pinjaman bank dan masih memberikan keuntungan kepada peminjam. Per-

samaan untuk DCFRR diberikan pada persamaan 7.

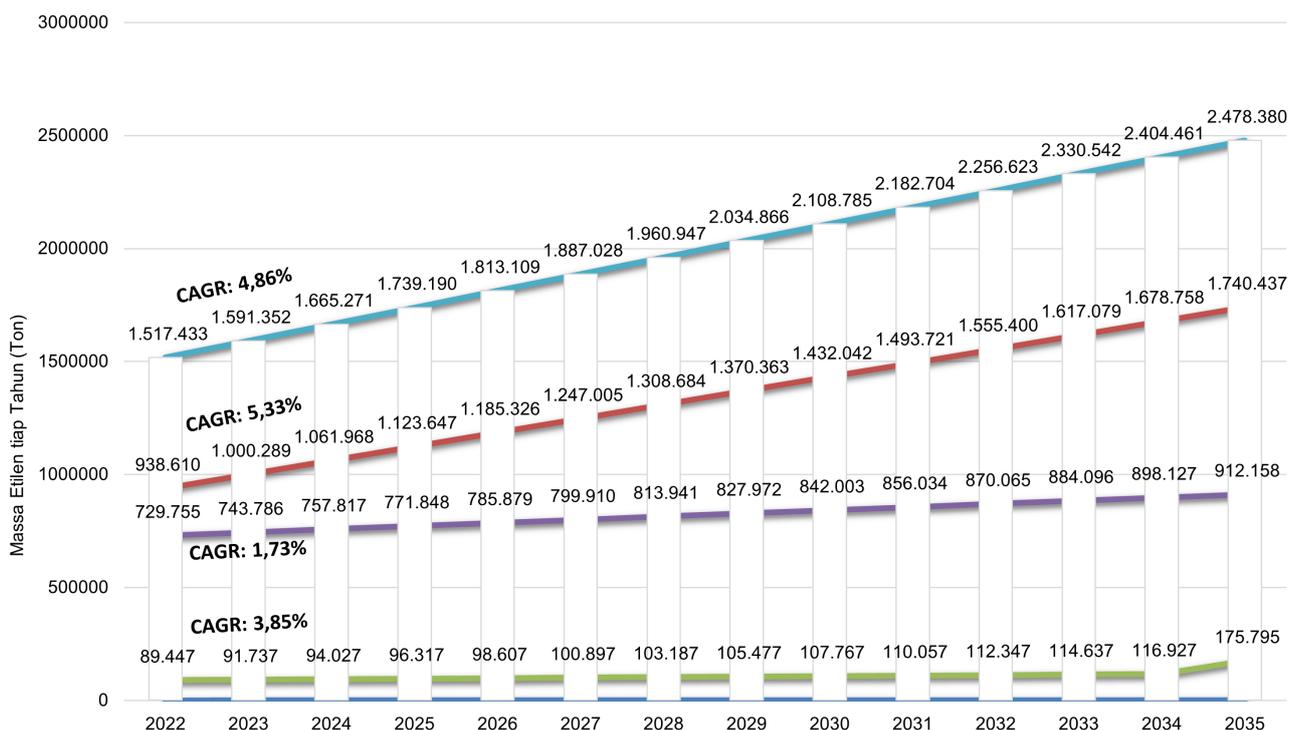
$$FC + WC = C \left(\sum_{k=1}^N \left(\frac{1}{(1+i)^k} \right) \right) + \frac{WC + SV}{(1+i)^N} \tag{7}$$

Dengan FC adalah *fixed capital* atau modal tetap awal, WC adalah *working capital* atau modal bergerak awal, C adalah nilai *cash flow* tiap tahun, yang dapat dihitung dari nilai keuntungan tiap tahun, N adalah jumlah tahun perhitungan, SV adalah *salvage value* atau nilai pabrik setelah habis usia (umumnya didekati dengan 10% dari FC untuk pabrik kimia), dan i adalah bunga atau *interest* tiap tahun. Basis perhitungan DCFRR pada pabrik kimia umum diambil selama 10 tahun. Nilai bunga maksimal yang terhitung yang disebut DCFRR.

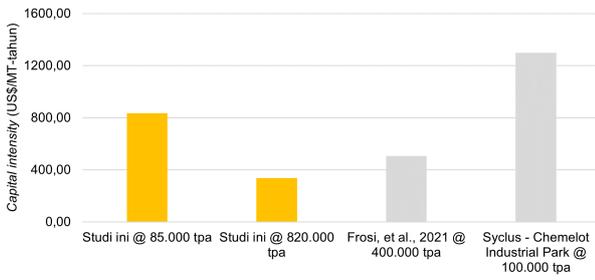
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Pasar Etilen Dalam Kurun Waktu 2015-2021

Berdasarkan Gambar 1, selama kurun waktu 2015-2021, terjadi defisit suplai etilen akibat tingkat produksi tidak dapat memenuhi kebutuhan etilen di Indonesia, dengan hanya terdapat satu perusahaan penghasil etilen yaitu, PT. Chandra Asri Petrochemical (Chandra Asri Petrochemical 2021). Meskipun demikian, berdasarkan data (Badan Pusat Statistik 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2023) terjadi peningkatan produksi etilen signifikan, dari sebanyak 339.000 ton etilen pada tahun 2015 menjadi 900.000 ton pada tahun 2021. Selama kurun waktu tersebut produksi etilen rata-rata sebesar 753.571 ton setiap tahunnya, dengan rata-rata pertumbuhan tahunan atau *compound annual growth rate* (CAGR) 17,67% per tahun. Keseimbangan antara pasokan (*supply*) dihitung dari jumlah produksi dalam negeri ditambah impor, dan kebutuhan (*demand*) dihitung dari jumlah konsumsi dan ekspor, sehingga dapat diperkirakan berapa pasokan maupun kebutuhan yang perlu dipenuhi. Pada tahun 2015 konsum-



GAMBAR 4. Tren, Pertumbuhan, Prakiraan Potensi Pasar Etilen Indonesia, 2022-2035 (Elnaufal dan Alatas 2021).

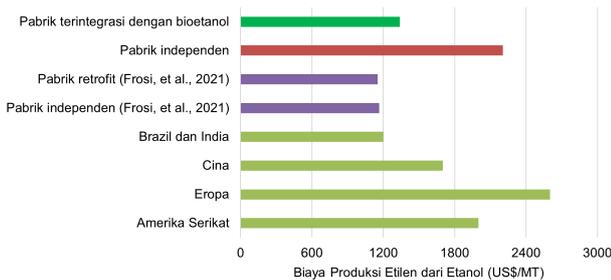


GAMBAR 6. Perbandingan nilai *capital intensity* dengan pabrik bioetilen sejenis.

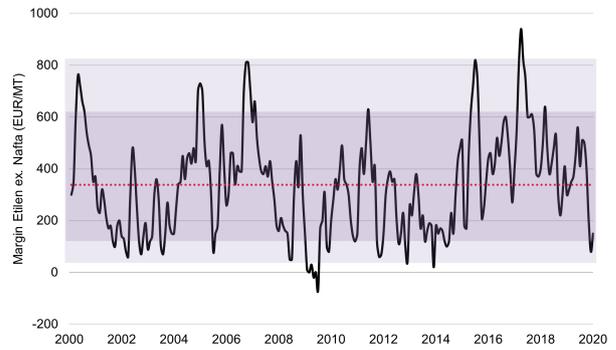
ang pasar bagi investor yang akan membangun pabrik etilen di dalam negeri. Oleh sebab itu, pemerintah akan mendukung investor yang mau membangun fasilitas pabrik etilen berbahan baku gas sintetik dari gasifikasi batubara (*coal to methanol*), sehingga kebutuhan etilen dalam negeri dapat terpenuhi dan bisa mengurangi ketergantungan terhadap impor serta bisa mengurangi pengeluaran devisa negara.

Saat ini ketergantungan impor industri turunan dari etilen Indonesia sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa industri etilen Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan industri turunannya di dalam negeri karena keterbatasan produksinya. Oleh karena itu, pengembangan industri etilen berbasis batubara menjadi sangat penting keberadaannya dalam upaya untuk ikut meningkatkan daya saing produk turunan etilen dan ikut mendukung kemandirian industri petrokimia di Indonesia.

Selama ini perdagangan batubara Indonesia belum memberikan nilai tambah yang signifikan, karena dijual dalam bentuk mentah (batubara termal) tanpa pengolahan lebih lanjut yang sebagian besar diekspor untuk memenuhi kebutuhan PLTU negara importir, khususnya ke negara China, Korea Selatan dan Jepang. Selama tahun 2012-2022 produksi batubara Indonesia rata-rata (518,36 juta ton), dikonsumsi di dalam negeri rata-rata hanya sekitar 20,65% (107,27 juta ton), sementara sisanya 79,35% (411,09 juta ton) dalam bentuk mentah diekspor (Haryadi, H., 2021). Dengan kondisi defisit volume dan neraca perdagangan etilen yang dialami Indonesia, selain memberikan potensi pasar kepada calon investor dan pengembangan kapasitas produksi PT. Chandra Asri Petrochemical, juga memberikan kesempatan besar kepada para periset dari BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) maupun periset dari Perguruan Tinggi salah satunya Universitas Gadjah Mada dan pemerintah untuk melakukan penelitian dalam hal mengolah batubara melalui



GAMBAR 7. Perbandingan nilai biaya produksi dengan pabrik bioetilen sejenis.



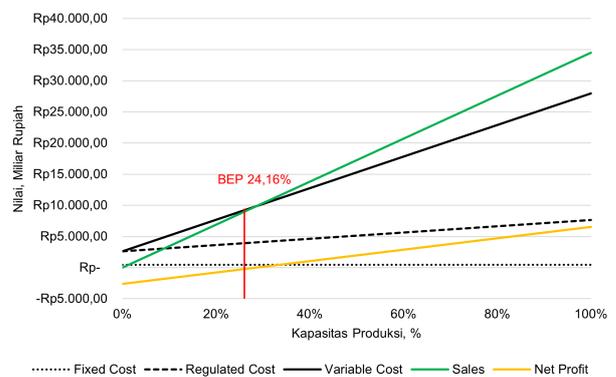
GAMBAR 8. Tren margin keuntungan pengolahan etilen eks. nafta Eropa, 2000-2020 (Beacham 2020).

gasifikasi menjadi gas sintetik untuk bahan baku produksi etilen, sehingga dapat memberikan nilai tambah yang besar bagi industri batubara, sekaligus mendukung kemandirian dan kekuatan industri pengguna bahan baku etilen di dalam negeri melalui kerjasama dengan calon investor dan PT. Chandra Asri Petrochemical.

4.2 Trend, Pertumbuhan dan Prakiraan Pasar Industri Etilen Dalam Negeri 2022-2035

Untuk mengetahui trend, pertumbuhan dan prakiraan pasar etilen di masa mendatang, khususnya dalam kurun waktu 2022-2035 atau 14 tahun ke depan, maka dilakukan perhitungan proyeksi atau perkiraan tingkat produksi, impor, ekspor dan konsumsi dengan menggunakan laju pertumbuhan majemuk tahunan (*Compound Annual Growth Rate/CAGR*) dari produksi, impor, ekspor dan konsumsi pasar etilen selama kurun waktu 2015-2021. Pentingnya menghitung CAGR, untuk mengukur tingkat pertumbuhan selama periode yang sudah terjadi, apakah pertumbuhannya meningkat atau menurun, sehingga dapat diprediksi dan dilakukan peramalan prospek dan peluang pasar etilen di dalam negeri untuk kurun waktu 2022-2035, dirumuskan sesuai persamaan 4.

Selain menghitung CAGR, juga dihitung analisis trend di masa mendatang dengan menggunakan model regresi linier sederhana yang merupakan model analisis untuk melakukan estimasi atau peramalan produksi, impor, konsumsi dan ekspor etilen Indonesia pada masa yang akan datang (2022-2035) baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Untuk meramalkan dengan baik maka dibutuhkan berbagai (data) yang



GAMBAR 9. Kurva nilai biaya produksi, penjualan, dan keuntungan terhadap kapasitas produksi pabrik terintegrasi dengan biaya bahan baku etilen 350 US\$/MT.

TABEL 1. Hasil regresi linier produksi, konsumsi, impor, dan ekspor etilen 2015-2021.

Parameter	Persamaan Regresi	Koefisien determinasi (r ²)
Produksi	$Y = 61679x + 506857$	0,4799
Impor	$Y = 14031x + 631538$	0,2583
Konsumsi	$Y = 73919x + 10^6$	0,7092
Ekspor	$Y = 2290x + 73417$	0,009

TABEL 2. Hasil perhitungan keekonomian untuk basis kapasitas 85.000 ton/tahun untuk dua jenis pabrik berdasarkan harga bahan baku etanol yang diperoleh.

Parameter keekonomian	Satuan	Independen	Terintegrasi
Fixed Capital (FC)	Rp	924.452.155.494,98	924.452.155.494,98
Working Capital (WC)	Rp	138.667.823.324,25	138.667.823.324,25
Harga bahan baku etanol per kg	Rp/kg	10.486,00	5.243,00
	\$/MT	700,00	350,00
Harga produk etilen per kg	Rp/kg	34.557,21	21.662,27
	\$/MT	2.306,89	1.446,08
Biaya produksi total	Rp/th	2.809.299.643.121,97	1.705.933.531.717,30
Biaya produksi spesifik	Rp/kg	33.050,52	20.069,75
	\$/ton	2.206,31	1.339,77
Marjin keuntungan setelah pajak	Rp/kg	1.129,94	1.194,43
	%	3,27%	5,51%
Biaya tetap (Fa)	Rp/th	120.178.780.214,35	120.178.780.214,35
Biaya bervariasi (Va)	Rp/th	2.108.431.278.776,19	1.187.244.928.292,59
Biaya teregulasi (Ra)	Rp/th	580.689.584.133,43	398.509.823.210,36
Penjualan (Sa)	Rp/th	2.937.359.745.198,51	1.841.301.799.038,06
Keuntungan	Rp/th	128.060.102.076,54	135.368.267.320,76
Keuntungan setelah pajak	Rp/th	96.045.076.557,40	101.526.200.490,57
Pay out time setelah pajak	Tahun	4,90	4,77
Return of investment setelah pajak	%	10,39	10,98
Break even point	%	69,69	63,91
Shut down point	%	41,24	31,87
DCFRR 10-tahun	%	15,00	15,00

cukup banyak dan diamati dalam periode waktu tersebut, antara lain data produksi, konsumsi, ekspor dan impor etilen dalam kurun tahun 2015-2021. Dengan demikian dapat diketahui sampai berapa besar fluktuasi produksi, impor, konsumsi dan ekspor etilen yang terjadi dan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi terhadap perubahan tersebut.

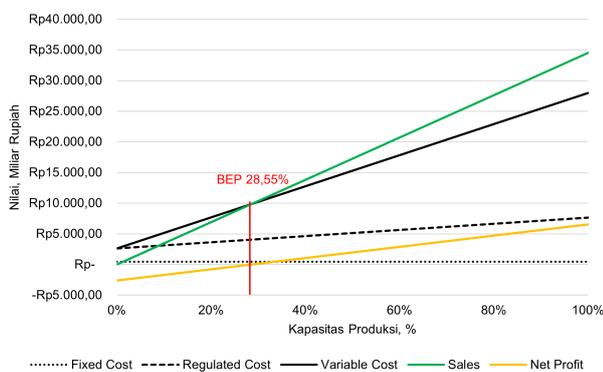
Model regresi linier ini dapat digunakan juga sebagai alat untuk mendeteksi sejauh mana hubungan sebab akibat an-

tara variabel penyebab terhadap variabel bebas. Variabel penyebab atau disebut variabel penduga biasanya dilambangkan sebagai X, sedangkan variabel akibat atau variabel respon dilambangkan sebagai Y.

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 di atas, dilakukan perhitungan regresi linier dan laju pertumbuhan majemuk tahunan (CAGR) produksi, impor, konsumsi dan ekspor etilen Indonesia selama kurun waktu tahun 2015-2021. Diperoleh nilai CAGR tingkat produksi (17,67%), impor (0,11%), konsumsi (6,30%) dan ekspor (37,79%), dengan hasil persamaan regresi pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 dari persamaan fungsi linier produksi, impor, konsumsi, dan ekspor selama tahun 2015-2021. Maka dapat diproyeksikan atau diramalkan tingkat produksi, impor, konsumsi, dan ekspor atau trend, pertumbuhan dan prakiraan pasar etilen untuk masa mendatang untuk periode 2022-2035, yang akan menjadi gambaran potensi dan pasar etilen Indonesia, bagi calon investor dan bagi PT. Chandra Asri Petrochemical pada (Gambar 4).

Berdasarkan Gambar 4, dari hasil perhitungan dengan menggunakan Model Regresi Linier sederhana, selama kurun waktu 2022-2035, tren, pertumbuhan dan prakiraan pasar etilen di dalam negeri terus meningkat, pada tahun 2022 konsumsi atau permintaan etilen mencapai 1.517.433 ton, se-



GAMBAR 10. Kurva nilai biaya produksi, penjualan, dan keuntungan terhadap kapasitas produksi pabrik independen dengan biaya bahan baku etilen 700 US\$/MT.

TABEL 3. Hasil perhitungan keekonomian untuk basis kapasitas 820.000 ton/tahun untuk dua jenis pabrik berdasarkan harga bahan baku etanol yang diperoleh.

Parameter keekonomian	Satuan	Independen	Terintegrasi
Fixed Capital (FC)	Rp	3.601.814.942.097,61	3.601.814.942.097,61
Working Capital (WC)	Rp	540.272.241.314,64	540.272.241.314,64
Harga bahan baku etanol per kg	Rp/kg	10.486,00	5.617,50
	\$/MT	700,00	350,00
Harga produk etilen per kg	Rp/kg	33.361,04	20.466,20
	\$/MT	1.366,23	2.227,04
Biaya produksi total	Rp/th	26.963.181.745.205,30	16.318.939.997.295,50
Biaya produksi spesifik	Rp/kg	32.881,93	19.901,15
	\$/MT	1.328,51	2.195,06
Marjin keuntungan setelah pajak	Rp/kg	359,33	423,79
	\$/MT	28,29	23,99
	%	1,08	2,07
Biaya tetap (Fa)	Rp/th	468.235.942.472,69	468.235.942.472,69
Biaya bervariasi (Va)	Rp/th	20.340.160.571.703,90	11.453.421.661.175,60
Biaya teregulasi (Ra)	Rp/th	6.154.785.231.028,70	4.397.282.393.647,20
Penjualan (Sa)	Rp/th	27.356.051.290.971,10	16.782.287.673.484,30
Keuntungan	Rp/th	392.869.545.765,79	463.347.676.188,83
Keuntungan setelah pajak	Rp/th	294.652.159.324,35	347.510.757.141,62
Pay out time setelah pajak	Tahun	5,50	5,09
Return of investment setelah pajak	%	8,18	9,65
Break even point	%	85,49	79,41
Shut down point	%	68,20	58,61
Discounted cash flow rate of return	%	15,00	15,00

dangkan produksi sebesar 938.610 ton, ekspor 89.447 ton sehingga ada peluang pasar 729.755 ton yang dipasok dari impor. Pada tahun 2025, permintaan meningkat menjadi 1.739.190 ton, produksi hanya sebesar 1.123.647 ton, ekspor 96.317 ton sehingga ada peluang pasar 771.848 ton yang dipasok dari impor. Pada tahun 2030 permintaan meningkat menjadi 2.108.785 ton, produksi sebesar 1.432.042 ton, ekspor 107.767 ton sehingga ada peluang pasar 842.003 ton yang dipasok dari impor. Pada 2035 permintaan meningkat menjadi 2.478.380 ton, produksi hanya sebesar 1.740.437 ton, ekspor 175.795 ton sehingga ada peluang pasar 912.158 ton yang dipasok dari etilen impor.

Selama kurun waktu 2022-2035, trend dan pertumbuhan rata-rata konsumsi sebesar 1.997.907 ton dengan CAGR 3,85 per tahun, produksi rata-rata 1.339.524 ton dengan CAGR 4,86% per tahun, ekspor rata-rata 108.373 ton dengan CAGR 5,33% per tahun sehingga ada peluang pasar dalam negeri sebesar rata-rata 820.957 ton dengan CAGR 1,73% per tahun.

Berdasarkan Gambar 4, jika dilihat dari tren, pertumbuhan dan prakiraan selama kurun waktu 2022-2035, kebutuhan konsumsi etilen dalam negeri yang sangat besar setiap tahunnya, sedangkan produksi etilen belum dapat memenuhinya, sehingga kekurangan pasokan harus dipasok dari etilen impor, hal tersebut memberikan peluang dan prospek pasar yang sangat besar bagi calon investor yang akan membangun pabrik etilen di dalam negeri, sehingga di masa mendatang bisa mengurangi impor etilen bagi industri penggunanya di dalam negeri, sekaligus membantu pemerintah untuk mengurangi devisa negara dan juga membantu dalam kemandirian industri di dalam negeri.

Walaupun neraca perdagangan luar negeri etilen selalu defisit, namun disisi lain terdapat ekspor rata-rata sebesar 108.373 ton dalam kurun waktu tersebut. Ekspor tersebut dilakukan oleh PT. Chandra Asri Petrochemical untuk memenuhi kebutuhan bahan baku etilen bagi perusahaan afiliasinya yang berada di Thailand. Di masa mendatang, apabila ada investor yang membangun pabrik etilen dan PT. Chandra Asri Petrochemical memperbesar kapasitas produksinya sehingga tidak ada lagi pasokan impor, maka peluang pasar ekspor ini akan menjadi nilai tambah yang besar bagi volume dan neraca perdagangan etilen Indonesia untuk mengurangi defisit transaksi perdagangan luar negerinya.

Jika tidak ada penambahan pabrik etilen atau peningkatan kapasitas pabrik etilen, kemungkinan perkiraan peningkatan impor akan terus meningkat sehingga neraca perdagangan etilen Indonesia akan selalu defisit. Hal ini, tidak menguntungkan bagi perkembangan industri etilen di dalam negeri, karena devisa negara akan terus berkurang, dan kemandirian industri etilen di dalam negeri akan sulit dapat diwujudkan. Oleh karena itu, prospek dan peluang pasar yang besar dari industri etilen ini harus bisa ditangkap oleh calon investor, dan didukung oleh pemerintah melalui berbagai kebijakan yang dapat memberikan kondisi yang menguntungkan bagi calon investor.

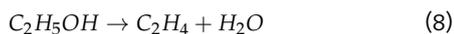
4.3 Analisis keekonomian pabrik pengolahan etanol menjadi etilen

Pengolahan etanol menjadi etilen dilakukan berdasarkan prinsip dehidrasi etanol, dengan persamaan reaksi disajikan pada Persamaan 8 yang dapat dijalankan pada Reaktor Fixed Bed Multitube pada suhu 200°C dan tekanan 1 atm de-

TABEL 4. Hasil perhitungan keekonomian untuk basis kapasitas 820.000 ton/tahun untuk marjin keuntungan 400 US\$/MT (Kurs 1 US\$ = Rp 14.980,00).

Parameter keekonomian	Satuan	Independen	Terintegrasi
Fixed Capital (FC)	Rp	3.601.814.942.097,61	3.601.814.942.097,61
Working Capital (WC)	Rp	540.272.241.314,64	540.272.241.314,64
Harga bahan baku etanol per kg	Rp/kg	10.486,00	5.617,50
	\$/MT	700,00	350,00
Harga produk etilen per kg	Rp/kg	42.104,02	29.109,14
	\$/MT	2.810,68	1.943,20
Biaya produksi total	Rp/th	27.974.045.673.083,10	16.579.717.300.761,20
Biaya produksi spesifik	Rp/kg	34.114,69	21.119,80
	\$/MT	2.277,35	1.409,87
Marjin keuntungan setelah pajak	Rp/kg	5.992,00	5.992,00
	\$/MT	400,00	400,00
	%	14,23	20,58
Biaya tetap (Fa)	Rp/th	468.235.942.472,69	468.235.942.472,69
Biaya bervariasi (Va)	Rp/th	20.340.160.571.703,90	11.143.421.661.175,60
Biaya teregulasi (Ra)	Rp/th	7.165.649.158.906,49	5.396.578.136.005,92
Penjualan (Sa)	Rp/th	34.525.299.006.416,50	23.869.492.520.000,00
Keuntungan	Rp/th	6.551.253.333.333,33	6.551.255.780.345,82
Keuntungan setelah pajak	Rp/th	4.914.440.000.000,00	4.913.441.835.259,37
Pay out time setelah pajak	Tahun	0,68	0,68
Return of investment setelah pajak	%	136,42	136,42
Break even point	%	28,55	24,16
Shut down point	%	23,44	18,74
Discounted cash flow rate of return	%	131,46	130,17

ngan *yield* dapat mencapai 99%. Bahan baku etanol pada pabrik yang dirancang menggunakan etanol 96% sebagai bahan baku, tetapi penggunaan etanol dengan konsentrasi lebih rendah memungkinkan untuk menghemat harga bahan baku. [Frosi dkk. \(2021\)](#) menggunakan bioetanol 40% vol sebagai bahan baku, sehingga bioetanol dengan konsentrasi rendah dapat menjadi sumber etanol alternatif ([Frosi dkk. 2021](#)).



[Elnaufal dan Alatas \(2021\)](#) memberikan contoh analisis ekonomi terkait produksi etilen dari etanol dengan skema proses disajikan pada Gambar 5 ([Elnaufal dan Alatas 2021](#)). Basis kapasitas digunakan sebesar 85.000 ton etilen per tahun yang beroperasi kontinyu selama 330 hari 24 jam dalam 1 tahun. Didapatkan laju produksi etilen sebesar 11.324,06 kg/jam dengan kebutuhan bahan baku etanol sebanyak 19.925,70 kg/jam. Dalam perhitungan analisis keekonomian digunakan dua basis perhitungan, yaitu apabila pabrik berdiri sendiri tanpa proses hulu pembuatan etanol dan pabrik berdiri bersama pembuatan etanol. Perbedaan dua basis perhitungan tersebut terletak pada harga bahan baku etanol, dimana apabila pabrik berdiri secara independen maka harga etanol sesuai harga jual di pasaran, sedangkan apabila pabrik berdiri terintegrasi dengan pabrik pembuatan etanol maka harga etanol sesuai biaya produksi etanol.

Basis harga etanol untuk pabrik yang berdiri secara independen digunakan sebesar 700 US\$/MT atau Rp 10.486.000 per ton (kurs 1 US\$ = Rp 14.980,00) sedangkan untuk pabrik etanol terintegrasi digunakan sebesar 350 US\$/MT atau Rp 5.243.000 per ton. Parameter keekonomian yang ditinjau yai-

tu nilai BEP, SDP, ROI, POT, margin, dan DCF. Digunakan basis MARR sebesar 15% sebagai parameter awal penentuan keekonomian pabrik etilen yang akan dibangun dengan mengatur harga jual produk metilen. Dilakukan trial untuk mendapat harga produk yang memenuhi target MARR sebesar 15%, yaitu sebesar 2.306,89 US\$/MT atau Rp 34.557,21/kg untuk pabrik yang berdiri secara independen sedangkan untuk pabrik terintegrasi, diperoleh harga jual etilen sebesar 1.446,08 US\$/MT atau Rp 21.662,27/kg. Diperoleh nilai hasil analisis keekonomian pabrik yang berdiri secara independen yang disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat dilakukan estimasi biaya produksi untuk pabrik independen dengan harga etanol 700 US\$/MT sebesar 2.206,31 US\$/MT atau Rp 33.050,52/kg, sedangkan untuk pabrik terintegrasi dengan harga etanol sebesar 350 US\$/MT diperoleh sebesar 1.339,77 US\$/MT atau Rp 20.069,75/kg. [Frosi dkk. \(2021\)](#) melakukan estimasi produksi etilen dari bioetanol dengan basis harga bioetanol 40% volum sebesar 293 US\$/MT dan diperoleh biaya produksi (MC) sebesar 1.165,00 US\$/MT untuk pabrik non-integrasi, dan 1.152,00 US\$/MT untuk pabrik *retrofitted* ([Frosi dkk. 2021](#)).

Harga bahan baku menjadi faktor utama penentuan harga jual, sebagai contoh untuk negara dengan biaya bahan baku bioetanol rendah seperti Brazil dan India, dapat diperoleh harga produksi yang cukup kompetitif di kisaran 1.200 US\$/MT, China sebesar 1.700 US\$/MT, sedangkan negara maju seperti Eropa (2.600 US\$/MT) dan Amerika Serikat (2.000 US\$/MT) memiliki biaya produksi sangat mahal sehingga tidak kompetitif terhadap etilen dari sumber bahan baku lain ([Frosi dkk. 2021](#)).

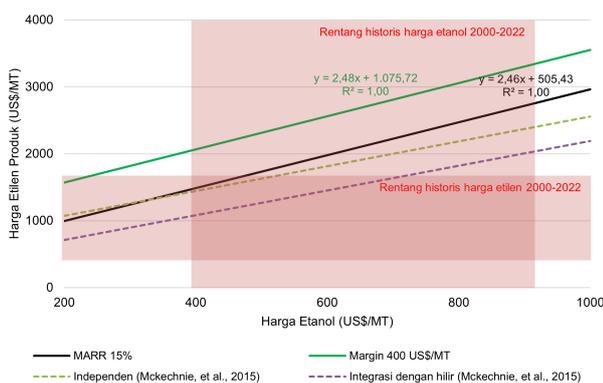
Nilai *capital expenditure* (CAPEX) yang dibutuhkan untuk

pendirian pabrik berada di angka Rp 924.452.155.494,98 atau sekitar 70.969.290,98 US\$ untuk kapasitas 85.000 MT/tahun etilen, nilai ini konsisten dengan rencana pembangunan pabrik bioetilen dari bioetanol oleh Syclus di Chemelot Industrial Park, Geleen, Belanda dengan nilai CAPEX sekitar 130 juta Euro untuk kapasitas 100.000 MT/tahun (Biofuels International, 2023). Perhitungan untuk pabrik bioetilen juga dilakukan oleh Frosi, et al. (2021) untuk kapasitas 400.000 MT/tahun dengan nilai CAPEX sebesar 203.061.882,83 US\$ untuk pabrik non-terintegrasi (Frosi dkk. 2021) yang apabila dilakukan *scale-down* ke kapasitas 85.000 MT/tahun dengan *six-tenth factor* diperoleh nilai CAPEX sebesar 80.175.886,27 US\$ yang mendekati hasil perhitungan. Perbandingan nilai *capital intensity* atau intensitas kapital disajikan pada Gambar 6.

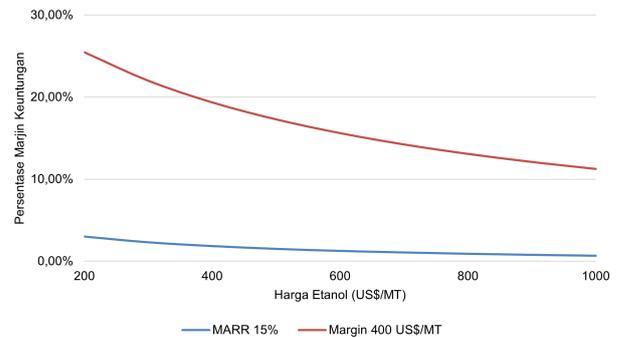
Apabila ingin dilakukan *scale-up* untuk menutupi jumlah defisit rerata tahunan etilen prakiraan 2022-2035 sekitar 820.000 MT/tahun, maka dapat dilakukan perhitungan ringkas dengan menggunakan metode *sixth-tenth factor*. Dilakukan basis perhitungan yang memberikan nilai DCFRR tepat pada MARR 15% dengan metode *trial error* dilakukan untuk penentuan harga jual etilen. Didapatkan nilai keekonomian untuk kapasitas 820.000 MT/tahun etilen yang berdiri secara independen dengan harga bahan baku etanol 700 US\$/MT pada Tabel 3.

Hasil perhitungan untuk memenuhi nilai MARR tersebut menghasilkan nilai margin yang sangat tipis, sehingga dilakukan perhitungan ulang berdasarkan nilai margin wajar pada produksi etilen. Nilai margin keuntungan wajar ditinjau dari tren margin produksi selama 20 tahun terakhir pada Gambar 8 (Beacham 2020). Diperoleh margin keuntungan rerata sebesar 337,71 EUR/MT atau bila dikonversi dengan nilai kurs rerata euro ke dolar selama 20 tahun terakhir sebesar 1,2 EUR/US\$, maka diperoleh kisaran 400 US\$/MT etilen yang bila dirupiahkan diperoleh nilai sebesar Rp 5.992,00/kg etilen. Hasil perhitungan ulang parameter keekonomian disajikan pada Tabel 4.

Pada margin keuntungan yang sama, dibutuhkan kapasitas *break even* produksi lebih kecil pada pabrik terintegrasi (Gambar 9) pada 24,16% dari 820.000 ton/tahun atau sebesar 198.000 ton/tahun, dibandingkan pabrik pengolahan independen (Gambar 10) sebesar 28,55% dari 820.000 ton/tahun atau sebesar 234.000 ton/tahun. Meskipun demikian, perlu diperhatikan perbedaan harga produk yang signifikan untuk mencapai margin tersebut. Hal ini membuat pengolahan eti-



GAMBAR 11. Perubahan nilai harga etanol terhadap harga etilen produk.

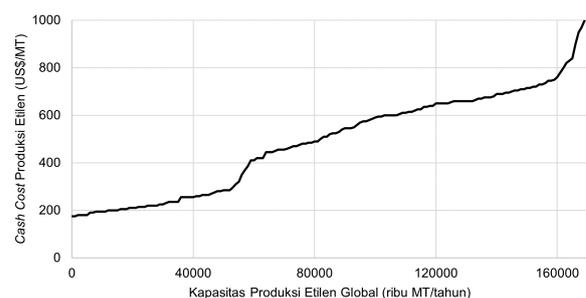


GAMBAR 12. Perubahan nilai harga etanol terhadap margin keuntungan.

len secara independen dari membeli etanol pada harga jual pasaran tidak menarik, dengan harga dapat mencapai hampir 3 kali lipat dari harga etilen dari gas alam dengan kisaran harga 1000 US\$/ton. Dengan melakukan pengolahan etanol secara bersamaan, nilai CAPEX total kedua pabrik dapat berkurang secara drastis meskipun pada perhitungan keekonomian hanya dihitung pabrik etilen. Meskipun harga produk pada pabrik terintegrasi tetap tidak dapat bersaing dengan etilen dari sumber petrokimia dan gas alam, harga yang ditawarkan dapat lebih murah dibandingkan dengan pengolahan independen sehingga memiliki prospek ke depan yang lebih kuat. Meskipun dari segi harga.

4.4 Analisis sensitivitas harga etanol terhadap parameter keekonomian etilen

Berdasarkan Gambar 11, dapat dilihat terdapat tren linier antara harga etanol terhadap harga produk etilen untuk kedua pendekatan berdasarkan MARR 15% dan margin keuntungan 400 US\$/MT. Hal ini konsisten dengan temuan Mckechnie dkk. (2015) yang juga melakukan perhitungan untuk bioetilen dari bioetanol (Mckechnie dkk. 2015). Pendekatan yang digunakan Mckechnie dkk. (2015) yaitu membandingkan pabrik bioetanol yang berjalan secara independen, dan pabrik yang terintegrasi dengan produk hilir turunan etilen. Hal ini memungkinkan penghematan pada nilai modal pembangunan pabrik dan juga biaya produksi akibat integrasi produksi dari hulu ke hilir sehingga biaya transportasi dan penjualan yang berkaitan apabila pengolahan secara independen dapat dihilangkan. Meskipun demikian, produksi bioetilen dari bioetanol dengan margin keuntungan yang tipis sekalipun tetap akan sulit bersaing dengan harga etilen di pasaran yang diproduksi dengan metode *steam cracking* maupun mengolah dari gas alam. Sebagai gambaran, pada Gambar 13 disajikan biaya produksi dalam *cash cost* atau biaya



GAMBAR 13. Biaya *cash cost* produksi etilen global.

produksi total dengan memperhitungkan biaya produksi, royalti, administrasi, tanpa memperhitungkan depresiasi dan amortisasi. Bila dibandingkan dengan produksi etilen dari bioetanol, maka tidak dapat bersaing dengan pabrik kuartil 4 sekalipun, sehingga potensi bioetilen yang mungkin dimanfaatkan melalui aspek *environmental, social, and governance* (ESG) perusahaan kedepannya. Aspek ESG dan keberlanjutan produksi menjadi potensi bagi produksi bioetanol karena dari aspek *sustainability* ke depan memiliki kelebihan dibandingkan dengan sumber etilen lain. Hal ini dapat diwujudkan melalui regulasi, dan insentif *carbon tax* yang mungkin diberlakukan ke depan. Sebagai contoh nyata, Eropa memulai arah produksi etilen hijau (*green ethylene*) dari sumber bioetanol melalui pembangunan pabrik bioetilen di Chemelot Industrial Park, Geleen, Belanda oleh Syclus dengan teknologi dari perusahaan Perancis, Axens (*Biofuels International 2023*), sehingga arah produksi bioetilen dalam negeri dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan ekspor ke negarane-negara dan perusahaan yang membutuhkan aspek ESG yang baik. Indonesia juga memiliki potensi harga *feedstock* etanol yang murah, sehingga dapat bersaing dengan negarane-negara Asia lain.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Etilen merupakan turunan metanol (MTO/*methanol-to-olefins*), di industri domestik digunakan untuk bahan baku plastik, gas, obat bius atau anestesi, industri pupuk, industri serat sintetis, bahan pengisi, zat pewarna, bahan pembuatan PVC/*polivinil klorida*, bahan pembuatan pipa paralon, pembuatan asam asetat, bahan antibeku dalam radiator mobil di negara beriklim dingin, bahan kerajinan tekstil dan pembuatan kain atau *polyester*, bahan pembuatan film fotografi dan kaset video serta kaset audio, bahan untuk membuat botol plastik untuk industri makanan dan minuman, aplikasi *thermoforming* (pembentukan lembaran plastik).
- Bahan baku etilen dapat dibuat dari gas alam atau dari gas sintetis hasil gasifikasi batubara. Tahun 2021 Indonesia memiliki bahan baku untuk produksi etilen yang sangat besar, gas alam atau energi panas bumi (*geothermal*) sebesar 23.965 MW atau 40% dari cadangan gas alam dunia dan batubara dengan sumber daya 110,06 miliar ton serta cadangan 36,27 miliar ton, (Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, 2022).
- Namun, selama kurun waktu 2015-2021, kebutuhan etilen untuk industri di dalam negeri sebagian besar dipasok impor, sehingga volume perdagangan dan neraca perdagangan etilen selalu defisit karena produsen etilen satu-satunya PT. Chandra Asri Petrochemical belum mampu memenuhi seluruh kebutuhan industri penggunanya. Selama kurun waktu tersebut, volume perdagangan etilen selalu defisit mencapai rata-rata 605.083 ton per tahun (volume ekspor rata-rata sebesar 82.577 ton per tahun dan volume impor rata-rata sebesar 687.660 per tahun), dan neraca perdagangan etilen selalu defisit sebesar rata-rata USD 578,84 juta atau Rp. 8,04 triliun per tahun (nilai ekspor rata-rata sebesar USD 80,52 juta atau Rp. 1,11 triliun per tahun dan nilai impor sebesar USD 659,36 juta atau Rp. 9,16 triliun per tahun), dengan kurs sebesar Rp. 13.898/USD (Bank Indonesia, 2015-2021).
- Hasil perhitungan dengan menggunakan Model Regresi Linier sederhana, selama kurun waktu 2022-2035, volume perdagangan etilen selalu defisit mencapai rata-rata 712.584 ton per tahun (volume ekspor rata-rata sebesar 108.373 ton per tahun dan volume impor rata-rata sebesar 820.957 per tahun), dan neraca perdagangan etilen selalu defisit sebesar rata-rata USD 681,63 juta atau Rp. 10,22 triliun per tahun (nilai ekspor rata-rata sebesar USD 105,66 juta atau Rp. 1,58 triliun per tahun dan nilai impor sebesar USD 787,29 juta atau Rp. 11,90 triliun per tahun), dengan kurs diasumsikan Rp. 15.000/USD.
- Kondisi kekurangan pasokan etilen di dalam negeri selama kurun waktu 2022-2035 yang cukup besar ini, memberikan dampak buruk bagi industri pengguna etilen karena produknya tidak dapat bersaing dipasar global, pengeluaran devisa yang cukup besar, industri tidak memiliki basis dan struktur yang kuat karena tergantung kepada perubahan mata uang asing. Kondisi tersebut, memberikan peluang dan prospek pasar yang cukup besar bagi investor yang memiliki rencana untuk membangun pabrik etilen di dalam negeri, maupun bagi PT. Chandra Asri Petrochemical yang merupakan satu-satunya produsen etilen di dalam negeri untuk mengembangkan kapasitas produksinya.
- Analisis keekonomian pabrik etilen dari etanol dilakukan berdasarkan dua pendekatan berdasarkan harga etanol, yaitu pabrik independen yang disuplai dari etanol dengan harga pasaran, dan pabrik yang terintegrasi dengan produksi etanol. Dengan basis harga etanol rerata global sebesar 700 US\$/MT untuk pabrik independen, dan 350 US\$/MT dari biaya produksi etanol untuk pabrik terintegrasi. Diperoleh harga etilen sebesar 2.227,04 US\$/MT untuk pabrik independen, dan 1.366,23 US\$/Mt untuk pabrik terintegrasi untuk memenuhi target MARR sebesar 15%. Meskipun demikian, margin keuntungan untuk mencapai target MARR tersebut sangat kecil, hanya 1,08% untuk pabrik independen, dan 2,09% untuk pabrik terintegrasi. Pendekatan lain berdasarkan nilai rerata margin keuntungan pabrik etilen sebesar 400 US\$/Mt menghasilkan harga produk etilen sebesar 2.810,68 US\$/MT untuk pabrik independen, dan 1.943,20 US\$/MT dengan margin keuntungan masing-masing sebesar 14,23% dan 20,58%. Harga tersebut kurang dapat bersaing dengan etilen dari gas alam sehingga proses ini lebih diperuntukkan untuk keperluan bioetilen yang memiliki kelebihan pada aspek keberlanjutan dan lingkungan. Kebutuhan CAPEX untuk kedua pendekatan harga bahan baku etilen tersebut sebesar Rp 4.142.087.183.412,55 atau US\$ 276.507.822,66 dengan *capital intensity* sebesar 337,20 US\$/MT untuk kapasitas 820.000 MT etilen/tahun.
- Produksi etilen dari etanol ini dapat menjadi prospek ke depan dengan semakin banyak perusahaan dan negara yang mengedepankan aspek keberlanjutan dan lingkungan. Pendirian pabrik etilen ini menjanjikan dan strategis bagi calon investor dan PT. Chandra Asri Petrochemical, selain membantu Indonesia untuk dapat mendukung *sustainable industry* di dalam negeri dalam jangka panjang, menghemat devisa negara dan meningkatkan daya saing produk etilen serta memperkuat basis dan struktur industri domestik, sekaligus kesempatan untuk

memperoleh benefit yang besar dari potensi pasar sebagai substitusi impor. Meskipun begitu, kestabilan harga produk etilen dan harga bahan baku etanol perlu menjadi catatan khusus, yang nantinya dapat dijaga dengan adanya rantai pasok yang stabil dalam negeri.

5.2 Saran

1. Guna mendorong peningkatan produksi etilen dalam negeri, pemerintah harus mendorong investor yang akan membangun pabrik etilen. Untuk mewujudkannya, pemerintah disarankan meminta pihak-pihak lain, seperti para pelaku usaha yang berniat membangun pabrik etilen, kementerian terkait, pemerintah daerah, serta konsumen yaitu seluruh industri pengguna etilen di dalam negeri, untuk bahu-membahu mewujudkan pabrik etilen tersebut.
2. Selain itu untuk memberikan daya tarik bagi investor mau membangun pabrik etilen atau PT. Chandra Asri Petrochemical mengembangkan kapasitas produksinya. Pemerintah harus membenahi masalah klasik yang selama ini mendistorsi industri manufaktur nasional, antara lain perbaikan infrastruktur energi (listrik), perbaikan transportasi produk manufaktur menuju pelabuhan ekspor, meningkatkan dan menjamin kepastian hukum (*law enforcement*), serta perbaikan dalam masalah tenaga kerja (perburuhan).
3. Untuk pabrik etilen yang akan menggunakan bahan baku gas sintetik dari batubara melalui teknologi gasifikasi, pemerintah wajib mendorong seluruh periset khususnya di BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) dan Periset dari berbagai Perguruan Tinggi untuk dapat menghasilkan teknologi gasifikasi yang proven dan ekonomis, berkolaborasi dengan calon investor dan juga dengan para pemegang IUP maupun IUP Khusus Batubara untuk mewajibkan menjamin keberlangsungan pasokan batubaranya yang kontinyu (*Domestic Market Obligation*) untuk bahan baku etilen.
4. Sedangkan, untuk pabrik etilen yang akan menggunakan bahan baku gas alam, pemerintah, harus mendorong untuk mempromosikan Kawasan Industri Petrokimia di Kabupaten Teluk Bintuni, Papua Barat. Kabupaten ini mempunyai prospek yang besar untuk berkembang sebagai wilayah industri petrokimia karena memiliki sumber daya alam yang besar, diperkirakan memiliki cadangan gas bumi sebesar 23,7 triliun kaki kubik (TCF) (Pertamina, 2021). Pemanfaatan gas bumi tersebut diutamakan kepada pemenuhan kebutuhan untuk pasokan industri petrokimia domestik, termasuk industri etilen agar dapat menggerakkan ekonomi di dalam negeri. Lokasi Kawasan Industri Petrokimia direncanakan dibangun di Kampung Onar Baru, Distrik Sumuri, Teluk Bintuni. Adapun, pengembangan Teluk Bintuni merupakan implementasi kebijakan pengembangan perwilayahan industri yang saat ini diarahkan di luar Pulau Jawa dengan strategi utama antara lain adalah memfasilitasi pembangunan salah satu dari 18 Kawasan Industri (KI), yakni melalui pengembangan industri dan kawasan industri hulu petrokimia di sekitar kawasan yang memiliki potensi gas yang berlimpah, seperti di Papua.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Chandra Asri Petrochemical, Badan Pusat Statistik, Kementerian Perindustrian, Kementerian Perdagangan dan Bank Indonesia, yang telah membantu memberikan data-data yang terkait dengan Analisis Pasar Industri Etilen Turunan Metanol di Indonesia. Di samping itu penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada kontributor atas bantuan mengenai data perkembangan industri petrokimia termasuk di dalamnya perkembangan industri etilen di Indonesia, dimana jurnal-jurnalnya telah memperkaya hasil dari penelitian ini serta kepada seluruh editor, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dan layak terbit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Hamdeh NH, Karimipour A, Hatamleh RI, Sajadi SM. 2022. Improve the rheological and thermal performances of the antifreeze liquids for cooling the batteries and radiators in automobiles via provide a new hybrid material composed from Carbon Nanotubes in Ethylene Glycol/Propylene Glycol. *Journal of Energy Storage*. 52:104982. doi:10.1016/j.est.2022.104982.
- Anwar DM, Ramadhian MA. 2016. Prarancangan Pabrik Metanol dari Syngas Kapasitas 800.000 ton/tahun. [[Doctoral thesis]]: Universitas Gadjah Mada.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor dan Impor, 2015. Jakarta: Penerbit Sub Direktorat Publikasi dan Kompilasi Statistik, Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2016/05/04/de8bd2ddfcfd7671ce3daa7d/statistik-perdagangan-luar-negeri-indonesia-ekspor-2015--jilid-i.html>.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor, 2016. Jakarta: Penerbit Sub Direktorat Publikasi dan Kompilasi Statistik, Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2017/06/06/3820bc9e0a03e86abd8d04d3/statistik-perdagangan-luar-negeri-indonesia-ekspor--2016--jilid-i.html>.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor dan Impor, 2017. Jakarta: Penerbit Sub Direktorat Publikasi dan Kompilasi Statistik, Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2018/05/11/a9a77e8eea6ac3af80d8d3fc/statistik-perdagangan-luar-negeri-indonesia-impor-2017-jilid-i.html>.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor dan Impor, 2018. Jakarta: Penerbit Sub Direktorat Publikasi dan Kompilasi Statistik, Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2019/05/08/b61e029397e3c37998a7e279/statistik-perdagangan-luar-negeri-indonesia-impor-2018-jilid-i.html>.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor 2019 Jilid I. Jakarta: Penerbit Sub Direktorat Publikasi dan Kompilasi Statistik, Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2020/05/08/ee6fa5d25db1f447c3e06c8b/statistik-perdagangan-luar-negeri-impor-2019-jilid-i.html>.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor 2020, Jilid I. Jakarta: Penerbit Sub Direktorat Publikasi dan Kompilasi Statistik, Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2021/07/06>

/bdae29ccced062aef4a6d148/statistik-perdagangan-luar-negeri-indonesia-ekspor-2020-jilid-i.html.

- Badan Pusat Statistik. 2023. Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri Ekspor Menurut Kelompok Komoditi dan Negara, November 2022. Jakarta: Penerbit Direktorat Diseminasi Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2023/01/30/ffca9f1fec62b872cc0917f/buletin-statistik-perdagangan-luar-negeri-ekspor-menurut-kelompok-komoditi-dan-negara-november-2022.html>.
- Beacham W. 2020. Poor margins to persist in 2020 amid collapse in demand and rising capacities. <https://www.icis.com/explore/resources/news/2020/06/10/10517838/poor-margins-to-persist-in-2020-amid-collapse-in-demand-and-rising-capacities/>.
- Biofuels International. 2023. Syclus choses Axens to provide technology for Europe's first ethanol-based renewable ethylene facility. <https://biofuels-news.com/news/syclus-choses-axens-to-provide-ato1-technology-for-europes-first-ethanol-based-renewable-ethylene-facility/>.
- Chandra Asri Petrochemical. 2021. Laporan tahunan PT. Chandra Asri Petrochemical 2021, Strategic Partnership For A Better Future (Kemitraan Strategis Untuk Masa Depan Lebih Baik). Technical report. Chandra Asri Petrochemical. Banten.
- Elnaufal WD, Alatas MM. 2021. Pra-Rancangan Pabrik Etilen dari Etanol dengan Proses Dehidrasi Kapasitas 85000 Ton/tahun. [[Doctoral thesis]]: UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA.
- Fairfield Market Research. 2022. Methanol Market - Global Industry Analysis (2018 - 2021), Growth Trends, and Market Forecast (2022 - 2029). Technical report. Fairfield Market Research.
- Febriansyah A, Herviani V. 2017. Tinjauan atas Proses Penyusunan Laporan Keuangan pada Young Entrepreneur Academy Indonesia Bandung. *Jurnal Riset Akuntansi*. 8(2). doi:10.34010/JRA.V8I2.525.
- Febriyanti C, Rizky M. 2018. Pra Rancangan Pabrik Polietilen Tereftalat dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun. [[Doctoral thesis]]: Universitas Islam Indonesia.
- Frosi M, Tripodi A, Conte F, Ramis G, Mahinpey N, Rossetti I. 2021. Ethylene from renewable ethanol: Process optimization and economic feasibility assessment. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 104:272–285. doi:10.1016/j.jiec.2021.08.026.
- Gao Y, Neal L, Ding D, Wu W, Baroi C, Gaffney AM, Li F. 2019. Recent Advances in Intensified Ethylene Production - A Review. *ACS Catalysis*. 9(9):8592–8621. doi:10.1021/ACSCATAL.9B02922/ASSET/IMAGES/MEDIUM/CS9B02922_020.GIF.
- Grand View Research. 2019. Methanol Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Formaldehyde, Acetic Acid, MTBE, DME, Fuel Blending, MTO, Biodiesel), By Region, And Segment Forecasts, 2019 - 2025. Technical report. Grand View Research. San Fransisco.
- Ibrahim MF, Rinienta M. 2020. *Ekonomi Teknik*. Andi Offset. <https://books.google.co.id/books?id=HxrUDwAAQBAJ>.
- Jiménez RX, Young AF, Fernandes HL. 2020. Propylene glycol from glycerol: Process evaluation and break-even price determination. *Renewable Energy*. 158:181–191. doi:10.1016/j.renene.2020.05.126.
- Kementerian Perindustrian. 2015. Rencana Induk Pemanfaatan Industri Nasional 2015-2035. Jakarta: Pusat Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian. <https://kemenperin.go.id/ripin.pdf>.
- Laela DA, Hairunnisa. 2021. Pra-Rancangan Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dengan Proses Hidrasi Non Katalitik-Kapasitas 200.0000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*. 4(1):19–24. <http://jtam.ulm.ac.id/index.php/jtatk/article/view/695>.
- Markets and Markets Analysis. 2023. Global Methanol Market by Feedstock (Natural Gas, Coal), Derivative (Formaldehyde, MTO/MTP, Gasoline, MTBE, MMA, Acetic Acid, DME, Biodiesel), Sub-Derivative, End-use Industry (Automotive, Construction, Electronics), and Region - Forecasts to 2028. Technical report. Markets and Markets Analysis.
- Mckechnie J, Pourbafrani M, Saville B, Maclean H. 2015. Environmental and financial implications of ethanol as a bio-ethylene feedstock versus as a transportation fuel. *Environmental Research Letters*. 10:124018. doi:10.1088/1748-9326/10/12/124018.
- Methanol Institute. 2020. Essential Methanol Infographics. <https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/Essential-Methanol-Methanol-Institute-Infographic.pdf>.
- Nizam A, Prasetya A. 2019. Prarancangan Pabrik Propilen dari Gas Alam Melalui Natural Gas Stand-Alone Autothermal Reformer, Methanol ICI Process, dan Proses Methanol to Propylene Kapasitas 300.000 ton/tahun. [[Doctoral thesis]]: Universitas Gadjah Mada.
- Polaris Market Research. 2019. Methanol Market Share, Size, Trends, & Industry Analysis Report, By Feedstock (Natural Gas, Coal), By Derivatives (Formaldehyde, Acetic Acid, Gasoline, MTO, Gasoline, MMA), By End-Use (Automotive, Construction, Electronics, Paints & Coatings, Pharmaceutical). Technical report. Polaris Market Research.
- Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. 2022. Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2021. Technical report. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.
- Saputera D. 2019. Pengaruh Harga Minyak Bumi, Harga Bahan Baku Plastik Terhadap Return On Asset Pada Perusahaan Penghasil Bahan Baku Plastik. *Jurnal Manajemen*. 9(1):30. doi:10.30656/jm.v9i1.1000.
- Shofia D, Maisarah M. 2022. PRARANCANGAN PABRIK ETILEN DIASETAT DARI ETILEN GLIKOL DAN ASAM ASE-TAT DENGAN PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*. 5(1). <http://jtam.ulm.ac.id/index.php/jtatk/article/view/1173>.
- Statista Research Department. 2023. Global Ethylene Market Size 2021-2030 (Market Size of Ethylene Worldwide in 2021, with a Forecast until 2030 in Billion US Dollars). Technical report. Statista Research Department.
- Syahputra E. 2015. *Program Linier*. Medan: Penerbit Unimed Press, Universitas Negeri Medan.
- Wahyu Utomo L, Arfiana S. 2023. Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang dari Polietilen Tereftalat (PET) Sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal: Review. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 11(1):164–179. doi:10.26418/JTLB.V11I1.60812.

Yang Q, Yang Q, Xu S, Zhu S, Zhang D. 2020. Technoeconomic and environmental analysis of ethylene glycol production from coal and natural gas compared with oil-based production. *Journal of Cleaner Production*. 273:123120. doi:[10.1016/j.jclepro.2020.123120](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123120).

Yuliara IM. 2016. *Modul Regresi Linier Sederhana*. Bali: Ju-

rusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/3218126438990fa0771ddb555f70be42.pdf.