

Pra Desain Pabrik Metanol dari Batubara Kelas Rendah

Anif Rachmawati, Mahfud, dan Triyaldi Fakhry Maulana
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: mahfud@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Ketersediaan sumber gas alam semakin menipis dan potensi cadangan batubara mencapai 37,6 miliar ton per Desember 2019. Batubara dapat dijadikan alternatif gas alam dan diproses menjadi berbagai produk, seperti metanol. Konsumsi metanol dalam negeri hingga 2020 hanya dipasok oleh produsen tunggal yaitu PT. Kaltim Methanol Industri (KMI) dengan kapasitas 650.000 ton/tahun. Maka dari itu, pabrik metanol dari batubara kelas rendah ini didirikan dengan tujuan untuk membantu masalah tersebut, dimana pabrik ini akan dioperasikan secara kontinu 24 jam selama 330 hari per tahunnya dan berkapasitas produksi 640 KTPA. Dari kapasitas tersebut dibutuhkan bahan baku batubara sebesar 195 ton/jam; process water sebanyak 83.571,43 kg/jam; cooling water sebanyak 13.740.266,11 kg/jam; oksigen sebanyak 151.927,2 kg/jam; saturated steam sebanyak 189.059,05 kg/jam; superheated steam sebanyak 1.090.491,57 kg/jam. Selain itu, proses ini juga menghasilkan solid waste sebanyak 10.573,64 kg/jam; Waste water sebanyak 30.965,9 kg/jam; purge sebanyak 350.704,68 kg/jam; flare sebanyak 4.377,89 kg/jam; dengan kebutuhan daya listrik sebesar 44.440 kW. Pasokan bahan baku batubara berasal dari PT. Bukit Asam, Tbk. yang berada di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Pendirian pabrik metanol direncanakan di tahun 2022 dan dapat selesai tahun 2024. Proses produksi metanol dari batubara kelas rendah ini terdiri dari dua proses inti, antara lain : Gasifikasi (produksi syngas) dan Sintesa metanol. Dari perhitungan analisa ekonomi didapatkan laju pengembalian modal (IRR) pabrik metanol ini sebesar 26,8% dengan tingkat suku bunga bank 9,95% per tahun dan laju inflasi rata-rata 1,94% per tahun. Sementara itu, waktu pengembalian modal (POT) adalah 4 tahun 7 bulan dan titik impas (BEP) sebesar 32,23%. Untuk dapat memproduksi metanol grade AA dengan kapasitas 640.000 ton/tahun, dibutuhkan biaya produksi total per tahunnya sebanyak Rp. 3.488.925.879.353,62 dengan biaya investasi total (TCI) sebanyak Rp. 3.854.287.975.819,96. Jika dipertimbangkan dari aspek analisa ekonomi serta teknis, pabrik metanol dari batubara kelas rendah ini layak didirikan.

Kata Kunci—Batubara, Distilasi, Gasifikasi, Lurgi, Metanol.

I. PENDAHULUAN

METANOL memegang peran penting dalam perkembangan industri kimia di Indonesia. Metanol merupakan bahan kimia dasar yang memiliki senyawa turunan yang dikonsumsi kalayak banyak seperti asam asetat sebagai salah satu bahan baku *polyethylene terphthalate* (PET), formaldehid sebagai bahan baku resin, dan methylamines sebagai bahan dasar petisida, surfaktan, dan detergen. Selain bahan baku turunan metanol juga dimanfaatkan untuk bahan bakar bersih. Pemanfaatan metanol sebagai bahan bakar dapat dilakukan sebagai bahan campuran langsung dengan bahan bakar cair, atau melalui pemrosesan menjadi olefin, dimethyl eter (DME), atau biodiesel. Terkait biodiesel, program pemerintah dalam

Tabel 1.

Data konsumsi dan produksi biodiesel			
Tahun	Produksi (KL/tahun)	Konsumsi (KL/tahun)	Ekspor (KL/tahun)
2015	1.600.000	915.000	329.000
2016	3.700.000	3.000.000	477.000
2017	3.400.000	2.600.000	187.000
2018	6.200.000	3.800.000	1.800.000
2019	9.600.000	6.900.000	1.500.000

mengurangi jumlah impor bahan bakar adalah menerapkan program Mandatori B30 dan B40 sebagai rencana program di tahun 2022, sehingga pertumbuhan industri kimia yang signifikan mempengaruhi jumlah kebutuhan metanol pada tahun 2022.

Berdasarkan data statistik industri manufaktur bahan baku 2017, terdapat beberapa sektor industri yang mengonsumsi metanol sebagai bahan penunjang produksi. Salah satu penyebab meningkatnya konsumsi metanol adalah adanya peningkatan jumlah konsumsi biodiesel di Indonesia, mengingat bahwa metanol sebagai salah satu bahan baku biodiesel. Program mandatori biodiesel ini sudah dilakukan dari tahun 2008 dengan persen biodiesel dalam bahan bakar adalah 2,5% hingga di akhir tahun 2019 menjadi 20%. Data konsumsi dan produksi biodiesel tertera pada Tabel 1.

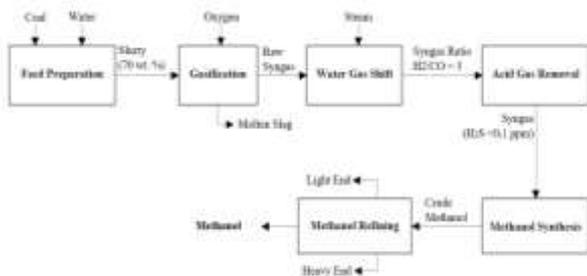
Dalam rencana induk pembangunan industri nasional tahun 2015-2035 terdapat rencana dari pemerintah untuk mengembangkan teknologi produksi metanol berbasis migas dan batubara secara maksimal, dimana hal ini didukung oleh prioritas pemerintah untuk pengembangan sektor industri di beberapa bidang termasuk industri petrokimia hulu, dengan salah satunya adalah industri metanol. Saat ini di Indonesia hanya terdapat 1 kilang metanol yaitu PT Kaltim Methanol Industri di Bontang, dengan kapasitas sebesar 660 ribu ton per tahun, dimana bila melihat jumlah kebutuhan metanol sebesar 1.140.957,09 ton/ tahun dapat disimpulkan bahwa kapasitas produksi tersebut jauh belum memenuhi kebutuhan metanol di Indonesia. Oleh karena itu pembangunan industri kimia di Indonesia khususnya industri metanol merupakan langkah tepat untuk mengurangi jumlah impor yang meningkat dari tahun ke tahun serta dapat memberikan lapangan pekerjaan bagi masyarakat Indonesia.

A. Produksi Syngas dari Batubara

Seleksi proses pada pabrik metanol dari batubara ini memiliki 2 tahap proses seleksi, yakni seleksi proses produksi *synthetic gas* (*syngas*) dari batubara dan seleksi proses produksi metanol dari *syngas*. Teknologi gasifikasi yang digunakan untuk konversi batubara menjadi *syngas* dikenal dengan gasifier. Ada 3 macam gasifier yang biasa digunakan dalam proses gasifikasi batubara, yaitu *moving bed*, *fluidized bed* dan *entrained flow*.

Tabel 2.
Perbandingan proses gasifikasi batubara

Kategori	Moving-Bed	Fluid-Bed	Entrained-Flow
Tipe Proses	Lurgi	Winkler, HTW	Shell, Texaco
Ukuran <i>feed</i>	6-50 mm	6-50 mm	<0,1 mm
Kualitas <i>feed</i>	Semua	Rendah	Semua
Kebutuhan O ₂	Rendah	Rendah	Tinggi
Suhu gas	425-650°C	900-1050°C	1050-1600°C
<i>output</i>			



Gambar 1. Block flow diagram pembuatan metanol dari batubara.

B. Moving Bed (Fixed Bed)

Berdasarkan kronologinya, gasifier yang paling pertama digunakan adalah *moving bed*. Terdapat dua bagian proses utama yang berlangsung yaitu *gas process producer* dan *water gas process*. Kedua proses ini sangat berperan dalam awal proses pembuatan *syngas*. Batubara yang memiliki ukuran 6-50 mm diumpangkan lewat bagian atas reaktor dan akan menumpuk karena gaya gravitasi dan gaya beratnya. Sedangkan dari bagian bawah reaktor akan diumpangkan steam dan udara (O₂). Dengan arah masuk yang berlawanan, maka akan terjadi reaksi pembentukan *syngas* (*synthetic gas*) [1].

C. Fluidized Bed

Batubara yang digunakan untuk *fluidized bed* memiliki ukuran yang lebih halus dibandingkan *moving bed*, yaitu berukuran 6 – 10 mm. Batubara yang sudah berbentuk serbuk diumpangkan dari samping gasifier lalu bergerak secara turbulen karena kecepatan alir media gasifikasi yaitu steam dan udara (O₂) relatif tinggi dari bawah. Karena gaya gravitasi dan berat batubara seimbang dengan gaya dorong dari steam dan O₂, maka batubara akan berada dalam kondisi mengambang saat proses gasifikasi terjadi. Kondisi operasi untuk *gasifier* ini memiliki temperatur 800 – 1100°C dan tekanan 10 – 30 bar [1].

D. Entrained Flow

Pada tipe *gasifier* ini, steam dan udara (O₂) terjadi kontak dengan serbuk batubara secara cepat. Tipe aliran yang masuk pada *gasifier* ini adalah *co-current* yaitu umpan steam dan udara dimasukkan dari arah yang sama dengan batubara. Umpan yang digunakan untuk batubara bisa berupa *slurry feed* maupun *dry feed*. Ukuran batubara yang masuk adalah kurang dari 100 µm. Kondisi operasi untuk *gasifier* ini memiliki temperatur 1250 – 1600°C dan tekanan 20 - 85 bar [1]. Perbandingan proses gasifikasi batubara tertera pada Tabel 2.

Tabel 3.
Perbandingan proses sintesa metanol dari syngas

Spesifikasi	Lisensor	
	ICI	Lurgi
Tekanan (bar)	50-100	40-100
Suhu (°C)	220-280	220-280
Karakteristik	<i>Quench</i>	<i>Shell and Tube</i>
Jumlah Reaktor	1	1
Pendinginan	<i>Cold Quench</i>	<i>Cooling Water</i>
Konversi (%)	90	90
Ukuran Pabrik (Bbl/day)	400-20.000	1200-20.000
CAPEX (\$)	1534,2	2007
OPEX (\$)	162,7	253,2

E. Sintesa Metanol dari Syngas

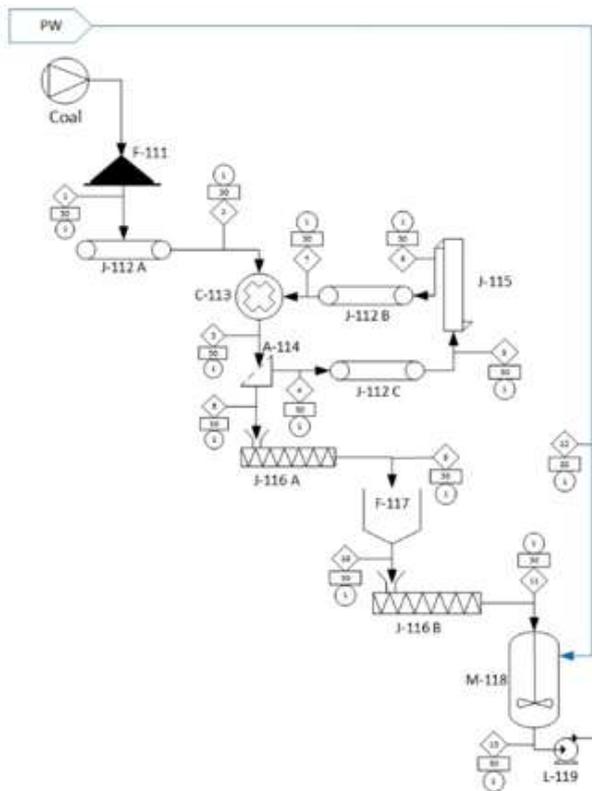
Pada proses produksi metanol dari *syngas*, terdapat beberapa teknologi proses yang telah banyak digunakan oleh industri secara komersial di dunia, seperti ICI (*Imperial Chemical Industry*), Lurgi, Kellog, Nissui Topsoe, Mitsubishi Gas Company (MGC), dan berbagai teknologi proses lainnya.

1) Imperial Chemical Industries

Pada proses ICI campuran gas sintesis umpan segar ditekan dari 50 – 100 atm melalui sebuah kompresor dan diumpkan ke dalam reaktor berpendingin (*quench type converter*) yang beroperasi pada 270°C. *Quench converter* berupa *single bed* yang mengandung katalis pendukung yang bersifat inert. Katalis ditumpuk menjadi sebuah unggun serta dimasukkan pada berbagai lokasi sepanjang unggun dengan tujuan agar diperoleh distribusi suhu yang merata. Pada proses ini aliran produk akan didinginkan dan methanol akan terkondensasi. Sedangkan aliran gas purge *directcycle* ke reformer untuk mengubah methanol yang terakumulasi dalam gas sintesis. *Crude methanol* akan dipurifikasi dengan cara distilasi. Proses ICI bertekanan rendah ini ada yang menggunakan reaktor *packed bed adiabatic* tersusun seri. Suhu masukan ke bed ditentukan oleh suhu dingin dari *syn gas* yang diinjeksikan. Tidak ada penukar panas di antara bed dan hal ini membuat reaktor menjadi lebih sederhana daripada desain proses lainnya [2].

2) Lurgi Process

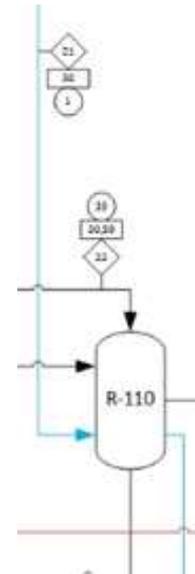
Dalam proses yang ditawarkan oleh Lurgi untuk sintesis methanol, reaktor sintesis dioperasikan pada rentang suhu dari 230 – 270°C dan dengan tekanan operasi 50 – 100 bar. Reaktor yang digunakan yaitu reaktor *shell and tube*, *tube* diisi dengan katalis dan panas reaksi diserap oleh air yang bersirkulasi secara alami pada bagian *shell*. Pada dasarnya reaktor juga memainkan peranan kedua yaitu sebagai pembangkit uap (*steam regenerator*) bertekanan 40 – 50 bar. Adapun prosesnya yaitu *feedstock* dimasukkan ke *preheater*, desulfurisasi. Aliran dicampur dengan steam, kemudian dimasukkan ke dalam *preheater*, lalu masuk ke dalam tubular steam reformer. Pembentukan kembali gas dengan tekanan tinggi digabungkan dengan feed yang tersisa. Gas dibentuk kembali dengan penambahan oksigen. *Syn gas* dan *flue gas* dari *steam reformer* didinginkan dengan memanfaatkan panasnya untuk generasi superheating steam, penguapan air proses dari distilasi dan proses pra pemanasan feed, BFW (*Boiler Feed Water*) dan udara yang dihembuskan.



Gambar 2. Unit proses *feed preparation*.

Setelah pendinginan akhir dengan udara atau air pendingin, *syn gas* dikompresi dengan *single casing - syngas/recycle compressor* kurang lebih 80 bar. Kombinasi *single casing compressor* menguntungkan karena adanya tekanan tinggi pada aliran masuk *syngas* dan rendahnya rasio *recycle methanol* sintesis. *Synthesis loop* meliputi : *recycle compressor, feed/effluent interchanger, methanol reactor, final* dan *methanol separator*. Pada reaktor metanol proses Lurgi, digunakan katalis berbasis tembaga yang dipasang pada tabung vertikal dengan dialiri *boiling water* disekelilingnya. Reaksi terjadi pada keadaan hampir dibawah kondisi *isothermal*. Pengontrol temperatur pada reaksi tersebut dilakukan dengan mengatur tekanan yang dihasilkan oleh steam tekanan tinggi. Karena panas reaksi berpindah secara langsung, *synthesis loop* dijalankan pada *rate recycle* rendah. Methanol yang dihasilkan sebanyak 1,2 kg/L katalis yang diperlukan. Kondisi reaksi *isothermal* dan seleksi katalis dapat menahan pembentukan *by product* hingga mendekati level yang rendah. Sebagian *recycle gas* dibuang untuk menghilangkan inert. Metanol dipisahkan dari produk gas dan dilakukan distilasi. Pada sistem energi *saving three column*, *by product* dengan titik didih rendah dan tinggi dihilangkan [2]. Perbandingan proses sintesa methanol dari *syngas* tertera pada Tabel 3.

Dari beberapa perbandingan dari aspek teknis dan ekonomi, serta kelebihan dan kekurangan masing-masing proses, maka terpilih teknologi sintesa metanol dari *syngas* oleh Lurgi. Dengan berdasarkan beberapa alasan untuk pemilihan lisensi yaitu : Desain reaktor yang sederhana sehingga tidak membutuhkan kontrol suhu yang rumit, Jenis reaktor yang digunakan *shell and tube*, dan pendingin menggunakan *boiling feed water* yang mengalir di dalam *shell*, maka dapat menyerap panas yang dihasilkan reaksi di dalam tube yang berisi katalis, sehingga reaktor dapat lebih mempertahankan



Gambar 3. Unit proses gasifikasi.

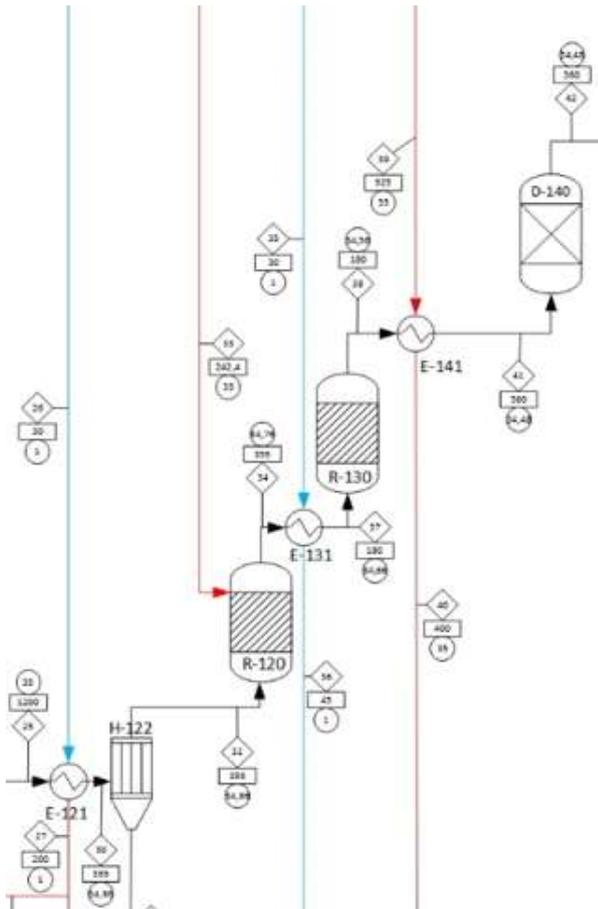
temperaturnya, Katalis CuO-ZnO berstruktur sangat baik (*well-defined structural*) yaitu susunan elektron yang mendukung keaktifan katalis dan selektifitas tinggi pada metanol, Menghasilkan steam bertekanan sedang sampai tinggi yang memberikan solusi bagi penghematan energi dan steam ini digunakan untuk pemanasan umpan reaktor. dan dari perolehan steam tersebut dapat meringankan beban boiler untuk menghasilkan steam.

II. URAIAN PROSES

Gasifikasi batubara adalah proses konversi batubara menjadi gas (*syngas*) melalui oksidasi parsial. Untuk melakukan proses gasifikasi sendiri perlu adanya *pre-treatment* dari batubara dengan penyesuaian kondisi bahan baku dan operasi yang diinginkan oleh proses gasifikasi. Setelah proses *pre-treatment* atau *feed preparation*, batubara akan mengalami proses gasifikasi yang kemudian akan terkonversi menjadi *syngas* yang perlu dikondisikan kembali sebelum masuk ke proses sintesa metanol. Setelah proses sintesa metanol, selanjutnya metanol mengalami purifikasi hingga sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. *Blok flow diagram* pembuatan methanol dari batubara tertera pada Gambar 1.

A. Feed Preparation

Proses awal gasifikasi dimulai dari *feed preparation* dimana batubara dari *feed stock* semi terbuka dengan tipe *fixed conical roof*, batubara akan dilakukan berbagai macam perlakuan agar sesuai dengan kondisi yang diperlukan dalam reaktor gasifier (R-110). Awalnya batubara dari *feed stock* (F-111) diangkut menggunakan *belt conveyor* (J-112 A) menuju *hammer mill* (C-113), di sini terjadi proses *size reduction* dari 50 mm menjadi 0, 1 mm. Kemudian batubara yang telah dihancurkan disaring menggunakan *screener* (A-114), batubara yang masih *oversized* diangkut oleh *belt conveyor* (J-112 B) dan (J-112 C) dengan bantuan *bucket elevator* (J-115) untuk dihaluskan kembali. Batubara yang sudah berukuran 0,1 mm diangkut oleh *screw conveyor* (J-116 A) untuk dialirkan menuju bin *pulverized coal* (F-117) untuk ditampung sementara sebelum masuk ke tangki pencampur



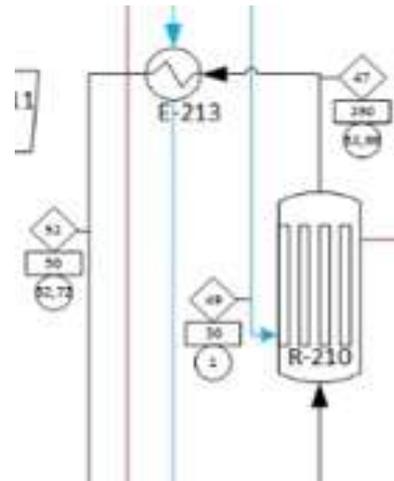
Gambar 4. Unit proses *gas clean up and conditioning*.

(*mixer*) (M-118). Pada tangki pencampur ini, batubara dicampur dengan air untuk membentuk *slurry* dengan perbandingan massa air dan batubara sebesar 3:7. Pencampuran ini bertujuan untuk mempermudah reaksi devolatilisasi di dalam *gasifier* sehingga gas-gas ringan mudah menguap di dalam *gasifier*. Setelah keluar dari tangki pencampur diumpukan ke dalam *gasifier* dengan pompa *slurry* jenis *membrane pump* (L-119). Pompa ini akan menaikkan tekanan dari *slurry* batubara hingga tekanan menjadi 35 bar. Tekanan ini disesuaikan dengan tekanan operasi dari *gasifier* [3]. Unit proses *feed preparation* tertera pada Gambar 2.

B. Gasifikasi

Setelah tahap *size reduction* dan proses *slurry*, batubara dimasukkan dalam *gasifier* melalui *injector nozzle gasifier* di bagian atas sehingga tumbukan partikel jadi lebih banyak. *Gasifier* (R--110) yang digunakan berjenis *entrained flow* dengan tipikal proses Texaco [4]. *Gasifier* ini berkerja pada kondisi temperatur 1200°C dan tekanan 35 bar. Hal yang membedakan *gasifier* Texaco dengan lainnya adalah penggunaan temperatur yang tinggi untuk meminimalkan gas-gas ringan, menghilangkan tar, sekaligus memperbesar *yield* dari *syngas*.

Pada *gasifier* terjadi berbagai macam reaksi yang dibagi menjadi tiga zona yaitu zona devolatilisasi, zona pembakaran, dan zona gasifikasi. Mulanya, batubara akan mengalami proses devolatilisasi untuk dekomposisi batubara secara kimia dengan bantuan panas dan kondisi lingkungan beroksigen. Hasil dari devolatilisasi adalah karbon, ash, dan



Gambar 5. Unit proses *methanol synthesis*.

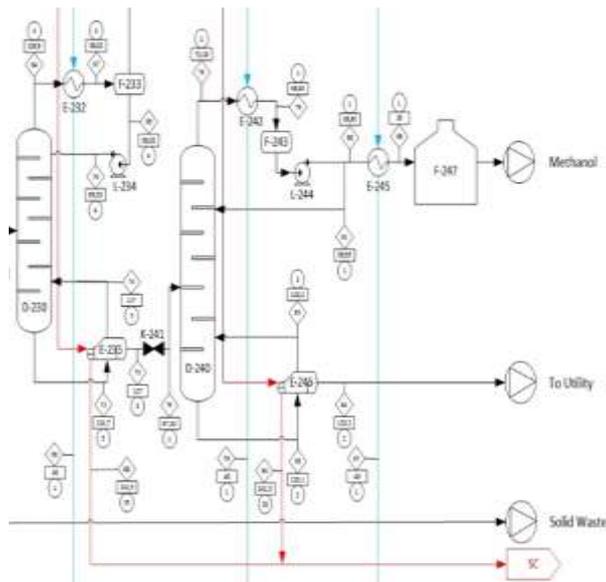
gas-gas ringan. Karbon hasil devolatilisasi mengalami reaksi pembakaran dengan O₂ yang berasal dari *Oxygen Plant* yang sudah dikompres dengan *oxygen compressor* (G-311) hingga bertekanan 35 bar. Tipe pendinginan pada reactor adalah *quenching mode* dimana molten slag sebagai residu dari hasil gasifikasi didinginkan dengan *water bath*. Pendinginan bertujuan untuk memadatkan slag agar mempermudah dalam penyaringan. Pada proses gasifikasi terjadi beberapa reaksi yang terbagi menjadi zona devolatilisasi, zona pembakaran, dan zona gasifikasi.

Sebagian besar O₂ yang diinjeksikan dalam *gasifier* ini akan digunakan untuk zona pembakaran. Panas yang dihasilkan dari reaksi ini digunakan untuk menyediakan panas untuk reaksi devolatilisasi. Hasil dari reaksi 2 dan 3 dapat diatur dengan mengatur rate O₂. Jika rate O₂ berlebih maka makin banyak CO₂ yang terbentuk namun jika rate O₂ yang diberikan kurang, maka CO yang terbentuk akan makin banyak. Reaksi *boudouard* yang merupakan reaksi endotermis dan lebih lambat jika dibandingkan pada reaksi pembakaran pada temperatur yang sama. Reaksi *water-gas* merupakan reaksi utama pada gasifikasi batubara karena pada reaksi ini dihasilkan *syngas* H₂ dan CO beserta dengan CO₂ sebagai hasil samping. Selain reaksi *water gas*, terdapat pula reaksi *steam methane reforming* yang menghasilkan gas hydrogen dengan komposisi lebih banyak daripada reaksi *water gas*. Dan yang terakhir, pada zona gasifikasi dihasilkan pula reaksi samping *metanasi* yang menghasilkan metana dalam jumlah yang sedikit.

Karbon (*char*) yang tidak bereaksi pada zona gasifikasi dan semua ash turun sebagai slag di bagian bottom sedangkan *syngas* yang keluar dari *gasifier* akan disaring menggunakan scrubber (H-122) dimana slag hasil saringan dialirkan menuju *solid waste*, dan *syngas* bebas *impurities* diumpukan menuju *water gas shift reactor*. *Syngas* lalu diumpukan ke *water-gas shift reactor* (R-120) agar mengubah CO menjadi CO₂ sehingga rasio *syngas* H₂/CO yang diharapkan setelah proses *water gas shift* sebesar 3 [5]. Unit proses gasifikasi tertera pada Gambar 3.

C. Gas Clean Up and Conditioning

Syngas yang dihasilkan oleh *gasifier* masih mengandung berbagai senyawa kimia yang berbahaya bagi katalis reaktor metanol apabila tidak dilakukan *pre-treatment* sebelum



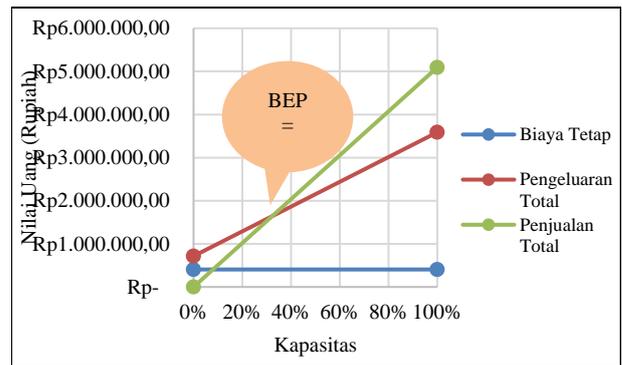
Gambar 6. Unit proses *methanol purification*.

masuk ke reaktor metanol. Senyawa-senyawa yang dianggap mengganggu kinerja katalis seperti sulfur harus dilakukan proses pemisahan. Untuk menghilangkan sulfur, maka senyawa sulfur dalam bentuk COS dirubah menjadi H₂S terlebih dahulu menggunakan reaktor COS hydrolizer (R-130) dengan bantuan alumina aktif. Konversi COS menjadi H₂S dilakukan karena senyawa COS tidak dapat dihilangkan dengan adsorben ZnO. Lalu sulfur berupa H₂S dihilangkan pada unit pemisahan senyawa sulfur yakni pada tangki desulfurisasi (D-140A/B).

Diharapkan aliran syngas yang keluar dari tangki desulfurisasi mengandung H₂S dengan kadar <0,1 ppm. Apabila H₂S lebih dari 0,1 ppm maka kinerja dari katalis reaktor metanol akan terganggu. Penambahan ZnO ini sesuai dengan banyaknya H₂S yang masuk dimana penambahan ZnO dilakukan secara berlebih agar reaksi kesetimbangan bergeser ke arah pembentukan produk [6]. Gambar 4 menunjukkan unit proses *gas clean up and conditioning*.

D. Methanol Synthesis

Syngas dimasukkan ke dalam methanol reactor (R-210). Reaktor ini berupa multi tubular fixed bed reaktor menggunakan katalis berbasis tembaga, dimana pada umumnya digunakan katalis CuO/ZnO/Al₂O₃ dengan formula yang digunakan sebagai berikut : Copper Oxide 60 - 70%, Zinc Oxide 20 - 30%, dan Alumina 5 - 15 %. Reaktor tersebut dapat disebut juga catalyst filled tubular reaktor karena katalis tersebut dipasang didalam tube - tube vertikal dalam reaktor, dimana kemudian syngas dialirkan pada bagian tube sehingga melewati bed katalis tersebut. Untuk mempertahankan suhu agar sesuai dengan suhu reaksi yaitu 250°C, maka pada bagian shell dialirkan cooling water. Selanjutnya produk yang masih berupa gas didinginkan di crude methanol cooler (E-213). Hasil pendinginan ini berupa fase campuran liquid dan vapor sehingga perlu dipisahkan dengan methanol separator (H-220) untuk memisahkan metanol dengan gas-gas inert dan syngas yang belum bereaksi. Kemudian aliran liquid keluaran separator yang kaya akan metanol menuju kolom distilasi [6]. Unit proses *methanol synthesis* tertera pada Gambar 5.



Gambar 7. Grafik *break even point (BEP)*.

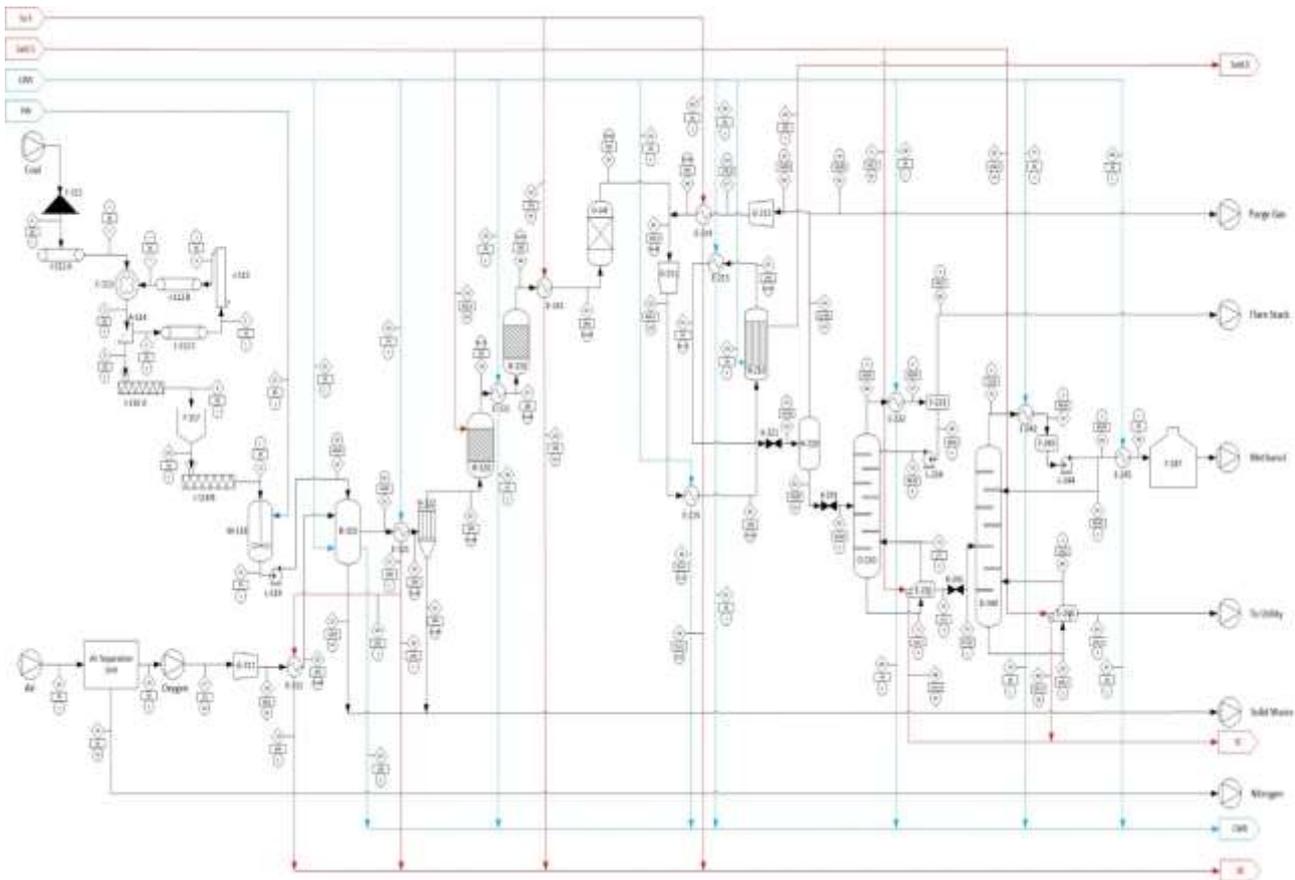
Tabel 4. Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi

No.	Keterangan	Jumlah
1.	Biaya Tetap (FC)	Rp 406.280.495.531,18
2.	Biaya Variabel (VC)	
	- Bahan Baku	Rp 1.697.023.938.519,6
	- Utilitas	Rp 383.781.846.728,9
	- <i>Royalty</i>	Rp 69.778.517.587,07
	Total Biaya Variabel (VC)	Rp 2.150.584.302.835,6
3.	Biaya Semivariabel (SVC)	
	- Gaji Karyawan	Rp 44.820.000.000
	- Pengawasan, 3% TPC	Rp 104.667.776.380,61
	- Pemeliharaan dan Perbaikan	Rp 159.952.950.996,53
	- <i>Operating Supplies</i>	Rp 19.194.354.119,58
	- Laboratorium	Rp 4.930.200.000
	- Pengeluaran Umum	Rp 453.560.364.315,97
	- Plant Overhead Cost	Rp 244.224.811.554,75
	Total Biaya Semivariabel (SVC)	Rp 1.031.350.457.367,44
4.	Total Penjualan (S)	Rp 5.093.216.128.000

E. Methanol Purification

Produk crude methanol kemudian dimurnikan dengan menggunakan dua kolom distilasi (D-230) dan (D-240). Kolom distilasi pertama bertujuan untuk menghilangkan gas-gas inert yang masih terikut dalam aliran crude metanol. *Low boiling by product* seperti metana dan nitrogen dipisahkan dari raw metanol pada kolom distilasi I (D-230). Kolom distilasi I (D-230) menggunakan sieve tray. Kolom ini bekerja pada tekanan sekitar 5 bar dengan suhu sekitar 106,9°C pada kolom bagian atas dan 124,7°C pada bagian bawah kolom. Hasil atas berupa gas dialirkan menuju tangki refluks dan dibuang ke flare dan sebagian dikembalikan ke kolom untuk menampung metanol yang ikut teruapkan di bagian atas.

Hasil produk bawah berupa metanol yang telah bebas gas-gas ringan dengan kandungan metanol sekitar 75 wt.% (sisanya air) diumpukan ke kolom distilasi II (D-240). Menara kedua ini menggunakan sieve tray. Kolom ini bekerja pada tekanan 2 bar dengan suhu sekitar 73,19°C pada kolom bagian atas dan 120,1°C pada bagian bawah kolom. Produk dari kolom distilasi II (D-240) adalah metanol yang keluar dari bagian atas menara, dikondensasikan dalam kondensor (E-242). Sebagian metanol dikembalikan ke kolom dan sebagian dialirkan menuju methanol storage (F-247), untuk



Gambar 8. *Process flow diagram* pra desain pabrik metanol dari batubara kelas rendah.

kemudian seluruhnya ditampung dalam tangki penyimpanan. Gambar 6 menunjukkan unit proses *methanol purification*.

III. NERACA MASSA

Berikut merupakan hasil perhitungan dari *material balance* pra desain pabrik Metanol dari Batubara kelas rendah dengan kapasitas *feed* Batubara sebanyak 195 ton/jam untuk menghasilkan produk Metanol Grade AA sebanyak 640.000 ton/tahun dan produk samping berupa *solid waste* sebanyak 10,573 ton/jam, *waste water* sebanyak 30,965 ton/jam, *purge gas* sebanyak 350,704 ton/jam.

IV. ANALISA EKONOMI

Parameter utama selain proses yang digunakan dalam pendirian suatu pabrik adalah analisa ekonomi. Analisa ekonomi digunakan untuk mengetahui kelayakan suatu pabrik untuk didirikan. Beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan laba rugi dalam mendirikan pabrik metanol dari batubara kelas rendah ini adalah:

1. Laju pengembalian modal (*rate of return*).
2. Waktu pengembalian modal (*pay out time*).
3. Titik impas (*break event point*).
4. *Interest rate of return* (IRR).

Untuk menentukan faktor-faktor di atas terlebih dahulu perlu diketahui [5]:

A. *Total capital investment* (TCI)

Total capital investment adalah jumlah modal yang diperlukan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal

hingga pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi. *Total capital investment* dibagi atas dua bagian, yaitu *Fixed Capital Investment* (FCI). FCI merupakan jumlah dari biaya langsung/*direct cost* (DC) dan biaya tidak langsung/*indirect cost* (IC). Biaya tidak langsung meliputi biaya teknik dan supervise, ongkos pemborong, dan biaya tidak terduga lainnya dan *Working Capital Investment* (WCI).

B. *Total Production Cost* (TPC)

Total production cost (total biaya produksi) terdiri dari:

Manufacturing Cost (Biaya Produksi) Yaitu biaya yang dikeluarkan untuk menunjang operasi pabrik yang berhubungan dengan operasi produksi dan peralatan proses yang terdiri dari *Direct Production Cost* (biaya produksi langsung), *Fixed Charges* (biaya tetap), *Plant Overhead Cost* (biaya tambahan pabrik).

General Expenses (Biaya Umum) yaitu biaya yang dikeluarkan oleh pabrik yang berhubungan dengan operasi pabrik, seperti Biaya administrasi, biaya pemasaran dan distribusi, biaya penelitian dan pengembangan (*research and development*), pajak pendapatan.

Profitability. Beberapa asumsi yang digunakan dalam analisa ini adalah umur pabrik 10 tahun dengan kapasitas produksi sebagai berikut:

1. Tahun pertama 80%,
2. Tahun kedua samapi kesepuluh 100%,
3. Pajak pendapatan 30% dari laba kotor.

Berdasarkan perhitungan pada analisa ekonomi yang tertera pada Tabel 4 didapatkan IRR sebesar 26,80 % dan BEP sebesar 32,23% dimana POT selama 4 tahun 7 bulan. Dengan bunga 9,95% per tahun. Pabrik diperkirakan bertahan

selama 10 tahun dengan lama waktu pembangunan selama 2 tahun. Operasi pabrik 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Grafik BEP tertera pada Gambar 7. Adapun rincian dari segi ekonomi adalah sebagai berikut

- a. Modal Investasi : Rp 3.854.287.975.819,96 / tahun
- b. Biaya Produksi : Rp 3.169.019.977.360,56 / tahun
- c. Hasil Penjualan : Rp 5.093.216.128.000 / tahun
- d. IRR : 26,80 %
- e. BEP : 32,23 %
- f. POT : 4 tahun 7 bulan

V. KESIMPULAN

Pabrik metanol dari batubara kelas rendah ini direncanakan akan didirikan di Provinsi Sumatera Selatan, tepatnya di daerah Kabupaten Muara Enim. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinyu 24 jam selama 330 hari per tahun dengan kapasitas 640.000 ton/tahun. Pembuatan metanol dari bahan baku batubara kelas rendah melalui 5 tahap inti yaitu proses *feed preparation*, proses gasifikasi, proses *gas clean up and conditioning*, proses *methanol synthesis* dan proses

methanol purification. Lisensor yang dipilih yaitu GE- Texaco dengan teknologi proses *entrained flow* untuk proses gasifikasi dan Lurgi process untuk proses sintesa metanol. Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 26,8% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 9,95% pertahun dengan pengembalian modalnya selama 4 tahun 7 bulan dan BEP pada 32,23% kapasitas maka pabrik metanol dari batubara kelas rendah layak didirikan. *Process flow diagram* pra desain pabrik metanol dari batubara kelas rendah tertera pada Gambar 8.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. J. Heckman, R. Pinto, and P. A. Savelyev, *How To Produce Methanol From Coal*. London: Springer, 1990.
- [2] S. Lee, *Methanol Syntesis Technology*. CRC Press, 1990.
- [3] A. Hutagalung, *Coal Gasification and Its Applications*. Norwich: William Andrew Publishing, 1967.
- [4] C. Ratnasamy and J. Wagner, "Water gas shift catalysis," *Catal. Rev. - Sci. Eng.*, vol. 51, no. 3, pp. 325–440, 2009, doi: 10.1080/01614940903048661.
- [5] Kusnarjo, *Ekonomi Teknik*. Surabaya: ITS Press, 2010.