



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

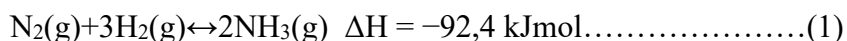
II.1 Macam – Macam Proses

Proses	Suhu (°C)	Tekanan (atm)	Yield (%)	Konversi (%)
Haber Bosch	400-500	150-300	10-30	10-30
Kellog	450	150-250	15-30	15-30
Haldor Topsoe	450-550	140-500	15-35	15-35

(M.Appl, 1999a)

II.1.1 Proses Haber Bosch

Proses Haber-Bosch merupakan proses utama dan paling mendasar dalam produksi amonia secara industri. Proses ini ditemukan oleh Fritz Haber dan kemudia diindustrilikasikan oleh Carl Bosch pada awal abad ke – 20. Prinsip dasarnya adalah sintesis amonia dari gas nitrgoen (N₂) dan gas hidrogen (H₂) melalui reaksi kesetimbangan yang sangat eksotermis (M.Appl, 1999a) :



Reaksi berlangsung pada suhu tinggi antara 400-500°C dan tekanan tinggi sekitar 150-300 atm, menggunakan katalis berbasis besi (Fe) dengan tambahan promotor sperti K₂O, Al₂O₃, atau CaO. Meskipun suhu tinggi mempercepat laju reaksi, hal ini dpat menurunkan konversi kesetimbangan amonia karena reaksi bersifat eksotermis (Smith et al., 2018a). Oleh karena itu, desain reaktor dan sistem pendinginan sangat penting untuk menjaga efesiensi proses.

II.1.2 Proses Kellog

Proses kellog merupakan salah satu teknologi industri yang dikembangkan oleh M.W. Kellog Company untuk produksi amonia dalam skala besar. Proses ini memanfaatkan gas alam (metana) sebagai bahan baku utama dn mengintegrasikan beberapa tahapan reaksi dan pemurniaan untuk menghasilkan gas sintesis yang efisien (M.Appl, 1999a). Tahapan utama dari proses kellog yaitu : desulfurisasi, gas alam terlebih dahulu dibersihkan dari senyawa belerang menggunakan adsorben



berbasis seng oksida untuk melindungi katalis downstream. Reformasi primer dan sekunder, dalam reformasi primer, metana direaksikan dengan uap air pada suhu 700-800°C dalam kehadiran katalis nikel untuk menghasilkan H₂, CO, dan sedikit CO₂. Reformasi sekunder menggunakan tambahan udara untuk menyuplai nitrogen dan melengkapi pembentukan gas sintesis. Sintesis Amonia, gas nitrogen dan hidrogen murni dikompresi dan direaksikan dalam reaktor amonia menghasilkan amonia pada kondisi tekanan 150-250 atm dan suhu sekitar 450°C menggunakan katalis Fe (Peters, 2003).

II.1.3 Proses Halder Topsoe

Proses Haldor Topsoe merupakan salah satu teknologi sintesis amonia modern yang dirancang untuk mencapai efisiensi energi tinggi dan umur panjang katalis. Teknologi ini dikembangkan oleh perusahaan Haldor Topsoe A/S, Denmark yang terkenal sebagai produsen katalis industri global. Proses ini berfokus pada efisiensi dalam reformasi gas alam serta optimalisasi sistem pemurnian dan sintesis gas. Salah satu keunggulan penggunaan sistem Haldor Topsoe adalah penggunaan sistem Auto-Thermal Reformer (ATR) yang menggabungkan reaksi parsial oksidasi dan reformasi uap dalam satu unit reaktor menghasilkan efisiensi thermal tinggi dan konsentrasi gas yang lebih seimbang. Menggunakan reaktor amonia menggunakan katalis khusus berbasis besi dan promotor kalium hasil riset topsoe. Desain reaktor juga dibuat agar efisiensi perpindahan panas sangat tinggi dengan penggunaan radial flow converter (M.Appl, 1999a).

II.2 Pemilihan Proses

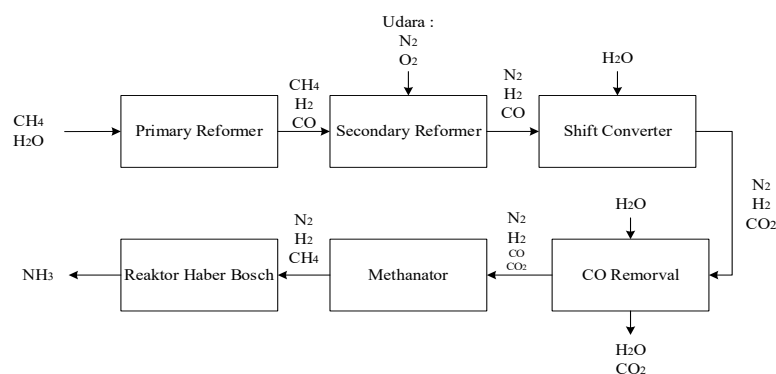
Berdasarkan jenis-jenis proses pembuatan ammonia yang ada, menggunakan proses Haber-Bosch jika ditinjau dari bahan baku, jenis produksi, dan kemurnian produk. Proses Haber-Bosch berdasarkan US 10,358,346 B2 untuk membuat ammonia. Proses Haber-Bosch dipilih atas dasar pertimbangan sebagai berikut :

1. Pada proses Haber-Bosch memiliki harga yang relative ekonomis disebabkan oksigen lebih murah.



2. Pada proses Haber-Bosch memiliki kemampuan yang sangat baik untuk mengubah nitrogen dan hidrogen menjadi ammonia.
3. Pada proses Haber-Bosch dapat menghasilkan ammonia yang kemurniannya tinggi.
4. Teknologi untuk proses Haber-Bosch terus berkembang, dimana dapat meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi.
5. Pada proses Haber-Bosch memiliki stabilitas operasi yang baik, yang memungkinkan produksi ammonia terus menerus dengan sedikit gangguan.

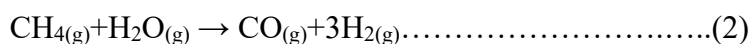
II.3 Uraian Proses

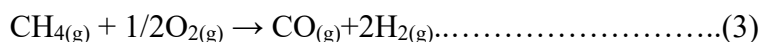


Gambar II.1 Diagram Blok Pembentukan Amonia dari Metana

1. Penyiapan Bahan Baku

Proses produksi amonia menggunakan bahan baku yaitu metana dengan tingkat kemurnian sebesar 98% yang dialirkan pipa dalam keadaan gas pada tekanan 5 atm dan suhu 25°C. Metana kemudian menuju pre heater heat exchanger shell and tube untuk menaikkan suhunya menjadi 250°C menggunakan steam suhu 300°C, lalu masuk ke coil heater menggunakan panas buangan dari primary reformer untuk dinaikkan suhunya kembali hingga 550°C, kenaikan suhu diperlukan agar proses efisien. Setelah proses kenaikan suhu masuk ke primary reformer dengan kondisi operasi suhu sebesar 800°C yang bersifat endotermis, panas dari furnace yang didapatkan dari burner api dengan fuel gas dan berkatalis nikel. Lalu menuju secondary reformer dengan kondisi operasi suhu sebesar 950°C yang bersifat eksotermis dan berkatalis nikel.

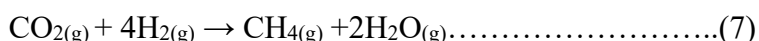
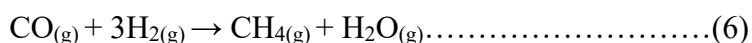




Setelah reforming, gas mengandung H_2 , N_2 , CO masuk kedalam shift converter (water gas shift reactor) dengan tekanan 35 atm dengan suhu 370°C dalam High Temperature Synthesis dan 220°C dalam Low Temperature Synthesis untuk mengkonversi CO menjadi CO_2 dengan katalis berbasis besi untuk peningkatan H_2 dan pengurangan CO .



Kemudian masuk ke dalam cooler untuk didinginkan hingga 40°C sebelum ke proses CO_2 removal untuk menghilangkan kandungan CO_2 . Setelah itu umpan dipanaskan kembali menggunakan heat exchanger shell and tube untuk dinaikkan suhunya menjadi 275°C sebelum masuk ke Methanator dengan suhu operasi 300°C dan tekanan 35 atm.



2. Pembentukan Produk

Gas nitrogen dan hydrogen yang sudah bersih atau murni dikompresi hingga tekanan reaksi sekitar 200 atm menggunakan multistage centrifugal compressor, dan dipanaskan hingga suhu 350°C , lalu masuk kedalam Haber Bosch Reaktor (Reaksi sintesis ammonia) yang berisikan katalis besi (Fe). Kondisi operasi yang umum digunakan dalam haber bosch kisaran 450°C dan tekanan 200 atm.



Kemudian masuk kedalam kompresi untuk menurunkan tekanannya menjadi 35 atm menggunakan pressure reducing valve (PRV).

3. Proses Pemurnian Produk

Maka gas dari reaktor dilakukan kondensasi dalam waste heat boiler menghasilkan ammonia gas dengan suhu 234°C dan tekanan 30 atm, dimana panas dari gas ammonia bertukar dengan cooling water sehingga panas yang keluar dapat dijadikan steam. Kemudian masuk kedalam cooler untuk pendinginan hingga 30°C . Lalu masuk kedalam expansion valve untuk diturunkan tekanan hingga 1 atm. Kemudian masuk kedalam refrigerant loop (chiller) untuk didinginkan hingga suhu

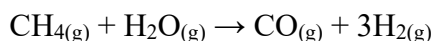


-33°C, sehingga keluarannya sudah berupa ammonia cair dengan konversi sebesar 25%.

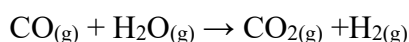
II.4 Potensial Ekonomi

1. Haber Bosch

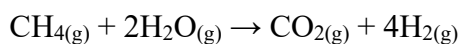
Reaksi reforming :



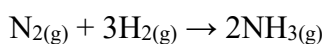
Reaksi water gas shift :



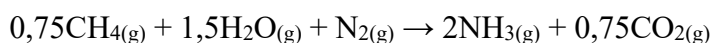
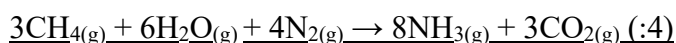
Hasil intermediate reforming & water gas shift :



Reaksi haber bosch :



Hasil intermediate 1 dan haber bosch (reaksi overall):



Reaktan				
Komponen	BM (kg/kmol)	Fraksi	Stoikiometri	Harga(Rp/kg)
CH ₄	16	0,23	0,75	5000
N ₂	28	0,46	1	0
H ₂ O	18	0,31	1,5	0
Total	13800			
Produk				
Komponen	BM (kg/kmol)	Fraksi	Stoikiometri	Harga(Rp/kg)
NH ₃	17	1	2	20000
CO ₂	44	0	1	0
Total	680000			
Potensial Ekonomi				
Keuntungan	Produk - Reaktan			



PRA RANCANGAN PABRIK

Pabrik Amonia dari Metana dengan Proses Haber Bosch

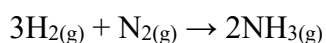
Keuntungan	666200
------------	--------

Potensial ekonomi dapat dihitung berdasarkan perbandingan harga bahan baku dan produk.

Perbandingan harga bahan baku dengan produk = 1 : 4

2. Kellog

Reaksi :



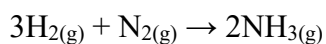
Reaktan				
Komponen	BM (kg/kmol)	Fraksi	Stoikiometri	Harga(Rp/kg)
H ₂	162	0,75	3	16000
N ₂	28	0,25	1	0
Total	72000			
Produk				
Komponen	BM (kg/kmol)	Fraksi	Stoikiometri	Harga(Rp/kg)
NH ₃	17	1	2	20000
Total	680000			
Potensial Ekonomi				
Keuntungan	Produk – Reaktan			
Keuntungan	608000			

Potensial ekonomi dapat dihitung berdasarkan perbandingan harga bahan baku dan produk.

Perbandingan harga bahan baku dengan produk = 1 : 1,25

3. Haldor Topsoe

Reaksi :





PRA RANCANGAN PABRIK

Pabrik Amonia dari Metana dengan Proses Haber Bosch

Reaktan				
Komponen	BM (kg/kmol)	Fraksi	Stoikiometri	Harga(Rp/kg)
H ₂	162	0,75	3	16000
N ₂	28	0,25	1	0
Total	72000			
Produk				
Komponen	BM (kg/kmol)	Fraksi	Stoikiometri	Harga(Rp/kg)
NH ₃	17	1	2	20000
Total	680000			
Potensial Ekonomi				
Keuntungan	Produk – Reaktan			
Keuntungan	608000			

Potensial ekonomi dapat dihitung berdasarkan perbandingan harga bahan baku dan produk.

Perbandingan harga bahan baku dengan produk = 1 : 1,25

Berdasarkan dari hasil perhitungan potensial ekonomi, diketahui bahwa proses Haber Bosch dipilih sebagai proses perancangan pabrik Amonia. Pemilihan proses tersebut berdasarkan pada hasil potensial ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses kellog dan haldor topsoe, sehingga ditinjau secara ekonomi akan dinilai lebih menguntungkan jika dikembangkan pada skala industri.