



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Dari Hidrogen (H_2) Dan Oksigen (O_2) Dengan Proses Autooksidasi Antrakuinon Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

BAB II

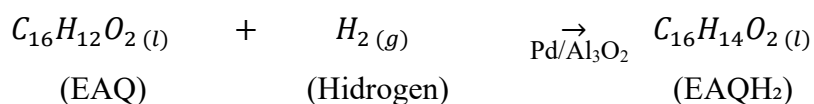
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1. Macam-Macam Proses Produksi Hidrogen Peroksida

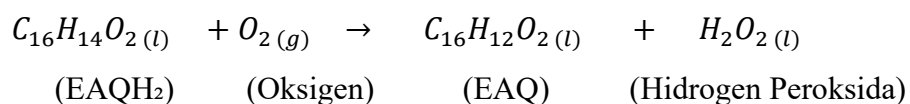
Produksi hidrogen peroksida dapat dilakukan melalui berbagai metode industri. Tiga proses yang relevan untuk dibandingkan adalah anthraquinone, 2-propanol, dan elektrokimia (Goor *dkk.*, 2019). Masing-masing proses mewakili teknologi yang berbeda dan memiliki karakteristik teknis serta ekonomi yang penting untuk evaluasi seleksi proses.

II.1.1. Proses *Anthraquinone* (AO Process)

Proses antrakuinon merupakan metode produksi hidrogen peroksida yang berbasis pada reaksi autooksidasi senyawa organik secara siklik. Proses ini menggunakan senyawa alkilantrakuinon sebagai pembawa (working compound) yang dilarutkan dalam campuran pelarut organik (working solution). Proses berlangsung dalam dua tahap utama, yaitu hidrogenasi dan oksidasi. Pada tahap hidrogenasi, etilantrakuinon (EAQ) direduksi menjadi etilantrahidrokuinon ($EAQH_2$) menggunakan gas hidrogen dengan bantuan katalis logam seperti palladium yang didukung pada alumina. Reaksi hidrogenasi berlangsung pada suhu sekitar 30–90°C dan tekanan 1,5– 6 atm dengan konversi 60%.



Selanjutnya, pada tahap oksidasi, etilantrahidrokuinon dioksidasi menggunakan udara yang mengandung oksigen pada suhu 40–75°C dan tekanan 1– 7 atm sehingga menghasilkan hidrogen peroksida dan mengembalikan senyawa etilantrakuinon. Reaksi oksidasi berlangsung pada reaktor oksidasi dengan konversi produk hidrogen peroksida sebesar 95% sedangkan sisanya etilantrahidrokuinon yang tidak terkonversi.



Hidrogen peroksida yang terbentuk kemudian diekstraksi berlangsung pada suhu 30–65°C dan tekanan atmosferik (Deutsche Gold, 1973). Proses ekstraksi dilakukan menggunakan air sehingga diperoleh larutan H_2O_2 dengan efisiensi



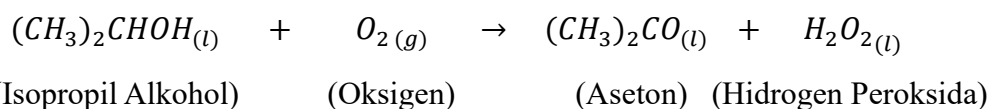
PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Dari Hidrogen (H_2) Dan Oksigen (O_2) Dengan Proses Autooksidasi Antrakuinon Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

ekstraksi sebesar 95% dan konsentrasi larutan H_2O_2 sekitar 30–50%, yang selanjutnya dapat dikonsentrasikan lebih lanjut sekitar 50–70%. Senyawa antrakuinon direcycle kembali ke tahap hidrogenasi sehingga membentuk sistem proses yang kontinu dan efisien (Arkema France, 2023).

II.1.2. Proses 2-Propanol (*Shell Process*)

Proses oksidasi isopropanol merupakan metode produksi hidrogen peroksida melalui reaksi oksidasi alkohol sekunder dalam fase cair menggunakan oksigen sebagai oksidator. Pada proses ini, isopropil alkohol (C_3H_8O) direaksikan dengan oksigen dalam reaktor pada suhu tinggi sekitar 120–160°C dan tekanan 3,5–68 atm.



Reaksi ini menghasilkan hidrogen peroksida sebagai produk utama dan aseton sebagai produk samping. Campuran hasil reaksi kemudian dipisahkan melalui distilasi untuk memisahkan aseton dan sisa alkohol, sedangkan larutan H_2O_2 dikonsentrasikan lebih lanjut. Meskipun proses ini relatif sederhana, konversi reaksi yang dihasilkan cukup rendah yakni sebesar 22%. Selain itu, keberadaan produk samping menyebabkan proses menjadi kurang efisien dibandingkan dengan proses antrakuinon, sehingga penggunaannya dalam industri modern terbatas (Shell Development Company, 1959).

II.2. Pemilihan Proses

Berdasarkan proses yang dilakukan terhadap proses pembentukan hidrogen peroksida, dapat dibuat perbandingan sebagai berikut :

Tabel II. 1 Pemilihan Proses

Parameter	Proses	
	<i>Anthraquinone Oxidation</i> (<i>AO Process</i>)	Oksidasi 2-Propanol (<i>Shell Process</i>)
Bahan baku	H_2 , EAQ, Diisobutil carbinol , Trimetilbenzena dan Oksigen	Isopropanol dan Udara



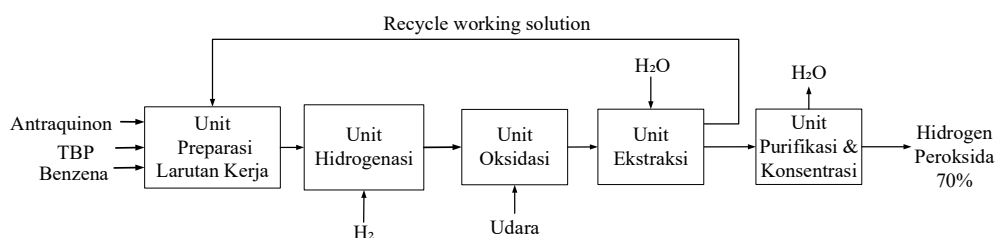
PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Dari Hidrogen (H_2) Dan Oksigen (O_2) Dengan Proses Autooksidasi Antrakuinon Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

Fase	Gas-Cair	Gas-Cair
Suhu operasi	30–90°C	120–160°C
Tekanan	1–7 atm	3,5–68 atm
Konversi	90-95%	42%
Konsentrasi produk	Hingga 70%	10-20%
Produk samping	-	Aseton
Potensial Ekonomi Proses	Rp30.355,84	Rp7.827,14
Refrensi	(Arkema France, 2023)	(US Patent, 1959)

Berdasarkan perbandingan pada Tabel II.1, proses Anthraquinone Oxidation (AO Process) dipilih karena memiliki konversi yang lebih tinggi, yaitu 90–95%, dibandingkan proses oksidasi 2-propanol yang hanya mencapai 22%. Selain itu, proses ini mampu menghasilkan hidrogen peroksida dengan konsentrasi hingga 70%, sedangkan proses oksidasi 2-propanol hanya menghasilkan konsentrasi 10–20%. Oleh karena itu, AO Process lebih menguntungkan karena dapat menghasilkan produk yang lebih banyak dengan kebutuhan tahap pemekatan yang lebih rendah.

II.3. Uraian Proses



Gambar II. 1 Blok Diagram Pembentukan Hidrogen Peroksida dari Oksigen dan Hidrogen dengan Proses Anthraquinon (AO Process)

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku 2-etil anthraquinone dari penyimpanan (F-140) diangkut dengan *belt konveyor* (J-141) dan *bucket elevator* (J-142) ke *hopper* (F-143) yang dilengkapi dengan alat penimbangan yang bekerja otomatis sesuai



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Dari Hidrogen (H_2) Dan Oksigen (O_2) Dengan Proses Autooksidasi Antrakuinon Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

dengan target berat, kemudian dimasukkan dalam tangki pencampur (M-210). Trimetilbenzena dari tangki penyimpanan (F-120) dialirkan menggunakan pompa (L-121) dan diisobutil carbinol dari tangki penyimpanan (F-130) dialirkan menggunakan pompa (L-131) menuju tangki pencampur (M-210). 2-etil anthraquinon dilarutkan hingga membentuk larutan homogen (*working solution*).

Working solution dialirkan menggunakan pompa (L-211) dan dinaikkan suhunya hingga $40^\circ C$ menggunakan *heat exchanger* (E-212) dengan media pemanas berupa *steam*. Kemudian *working solution* dialirkan menuju reaktor hidrogenasi (R-310) dari bagian atas reaktor. Hidrogen yang diperoleh dari PT Air Liquide dengan suhu $30^\circ C$ dan tekanan 5 atm dialirkan melalui *pressure reduce valve* (V-110) untuk menurunkan tekanan menjadi 3 atm, kemudian gas hidrogen dipanaskan hingga suhu $40^\circ C$ menggunakan *heat exchanger* (E-111) dengan media pemanas berupa *steam*.

2. Proses Hidrogenasi

Umpan gas hidrogen pada suhu $40^\circ C$ dan tekanan 3 atm dialirkan menuju bagian bawah reaktor sedangkan umpan cair berupa *working solution* dialirkan menggunakan pompa (L-211) melalui *heat exchanger* (E-212) dinaikkan suhunya hingga $40^\circ C$ menuju bagian atas reaktor hidrogenasi (R-310). Hidrogen dan *working solution* dikontakkan di reaktor hidrogenasi jenis *multitube reactor* dimana bagian tube dialirkan air pendingin untuk menjaga suhu operasi karena reaksi yang terjadi eksotermis. Reaktor dengan isian katalis *palladium* yang disusun secara acak, ditopang oleh *packing support* pada bagian bawah dan dilengkapi distributor pada bagian atas katalis agar cairan terdistribusi secara merata. Reaktor hidrogenasi beroperasi pada tekanan 3 atm dan suhu $40^\circ C$ dengan efisiensi 60% sisa gas hidrogen yang tidak bereaksi akan *direcycle* menuju mixing point gas hidrogen sebelum masuk ke dalam reaktor hidrogenasi.

3. Proses Oksidasi

Umpan 2-etil anthrahydroquinon masuk dari bagian atas reaktor oksidasi (R-410) jenis *packed bed reactor* dengan isian keramik berbentuk



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Dari Hidrogen (H_2) Dan Oksigen (O_2) Dengan Proses Autooksidasi Antrakuinon Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

rasching ring yang disusun secara acak. Udara dialirkan dengan kompresor (G-411) dari bagian bawah reaktor kemudian masuk kedalam *molecular sieve* (H-412) untuk mendapatkan udara kering lalu menuju *heat exchanger* (E-413) untuk menaikkan suhunya menggunakan pemanas *steam* hingga 40°C dan dikontakkan secara *counter current* dengan 2-etil anthrahydroquinon pada tekanan 2,5 atm dan suhu 40°C kemudian akan membentuk hidrogen peroksida dan 2-etil anthraquinon. Oksigen yang berlebih akan keluar dari bagian atas kolom. Reaksi oksidasi menghasilkan H_2O_2 dan H_2O dengan efisiensi 95% kemudian dialirkan menggunakan pompa (L-414) ke kolom ekstraksi (D-510).

4. Proses Ekstraksi

Umpan keluaran dari reaktor oksidasi masuk ke kolom ekstraksi (D-510) jenis *packed bed reaktor* dengan isian keramik berbentuk *rasching ring* yang disusun secara acak. Air proses dialirkan dari bagian atas kolom melalui *heat exchanger* (E-511) untuk dinaikkan suhunya hingga 40°C dengan arah aliran *counter current* dan berkontak langsung dengan larutan keluaran dari reaktor oksidasi sehingga H_2O_2 dapat larut dalam air sebesar 45 %wt. Proses ekstraksi berlangsung pada suhu 40°C dan tekanan atmosferik dengan efisiensi sebesar 99%. H_2O_2 yang terekstrak dalam H_2O akan keluar sebagai produk bawah kemudian dialirkan menggunakan pompa (L-512) melalui decanter 1 (H-513) untuk menghilangkan *working solution* yang terbawa pada produk bawah. Produk bawah decanter 1 berupa larutan H_2O_2 bebas *working solution* menuju *heat exchanger* (E-513) dinaikkan suhunya hingga 46°C dan masuk ke kolom distilasi (D-610). *Working solution* dan sebagian H_2O_2 tidak terekstrak sebagai *rafinat* akan dialirkan menuju *decanter* (H-515) untuk dipisahkan antara *working solution* dan H_2O_2 . *Working solution* telah dipisahkan dengan H_2O_2 kemudian *direct cycle* menuju tangki pengaduk (M-210) sedangkan larutan H_2O_2 hasil decanter 1 dialirkan melalui cooler (E-526) untuk diturunkan suhunya hingga 30°C kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan produk.



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Dari Hidrogen (H_2) Dan Oksigen (O_2) Dengan Proses Autooksidasi Antrakuinon Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”

5. Proses Pemurnian

Hidrogen peroksida yang larut dalam air kemudian masuk ke kolom distilasi (D-610) untuk dimurnikan dengan prinsip perbedaan titik didih. Distilasi vakum digunakan untuk meningkatkan konsentrasi hingga 70 %wt, suhu dijaga 46°C dengan tekanan 0,1 atm untuk mencegah dekomposisi H_2O_2 . Produk bawah berupa hidrogen peroksida yang mengalir menuju reboiler (V-615) kemudian didinginkan menggunakan *cooler* (E-616) hingga suhu 30°C dan dialirkan menggunakan pompa (L-617) menuju tangki penyimpanan produk (F-620) Produk atas berupa uap air di alirkan melalui kondensor (E-611) sehingga berubah fase menjadi cair kemudian ditampung dalam akumulator (F-612), fase cair di bagian bawah dibagi menjadi aliran *reflux* kembali ke kolom dan aliran menuju *water treatment* yang masing-masing lajunya dikendalikan oleh *flow controller* (FC), sedangkan fase gas atau uap yang tidak terkondensasi (*non-condensable*) ditarik dari bagian atas akumulator oleh ejektor vakum (G-613) memanfaatkan efek venturi dari fluida penggerak, sebelum akhirnya sisa gas atau kondensat tambahan tersebut dibuang ke dalam tangki penampung bawah (F-614) yang dilengkapi *Level Indicator* (LI) untuk mengisolasi sekaligus menjaga kestabilan tekanan vakum sistem kemudian dialirkan menuju *water treatment*.