

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kimia memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan ekonomi. Perkembangan industri ini di Indonesia telah menunjukkan hasil yang positif, yang ditandai dengan semakin banyaknya industri kimia yang berkembang di berbagai wilayah. Pertumbuhan industri kimia memberikan dampak besar terhadap perekonomian negara, terutama dalam mendukung sektor manufaktur, pertanian, dan farmasi. Selain itu, pemerintah juga terus mendorong investasi asing di sektor ini guna memenuhi kebutuhan teknologi dan sumber daya dalam industri. Secara keseluruhan, industri kimia memberikan kontribusi penting bagi kemajuan ekonomi nasional.

Hidrogen peroksida adalah salah satu bahan penunjang yang diperlukan didalam industri tekstil dan industri kertas. Sekitar 85-90% dari proses *bleaching* (pemutihan) kain katun menggunakan hidrogen peroksida. Di dalam industri kertas hidrogen peroksida banyak digunakan dalam proses *bleaching pulp* kayu untuk memperbaiki *cellulose brightness*. Sektor industri lain yang menggunakan hidrogen peroksida antara lain industri *furniture* untuk *bleaching* rotan dan kayu dan dapat juga digunakan sebagai campuran bahan kosmetik pada pewarna rambut.

Saat ini, permintaan hidrogen peroksida di Indonesia terus meningkat seiring dengan berkembangnya industri pengguna. Namun, kapasitas produksi dalam negeri masih terbatas dan belum mampu memenuhi seluruh kebutuhan nasional. Akibatnya, Indonesia masih bergantung pada impor hidrogen peroksida untuk memenuhi kekurangan pasokan dalam negeri. Berdasarkan data terbaru, produksi hidrogen peroksida di Indonesia masih didominasi oleh beberapa perusahaan besar, namun jumlahnya masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan industri yang terus meningkat (Badan Pusat Statistik, 2025).

Produsen hidrogen peroksida hanya beberapa saat ini yang tersedia di Indonesia, di antaranya PT Peroksida Indonesia Pratama (PIP) dengan kapasitas

produksi sekitar 51.000 ton per tahun dan beberapa produsen lainnya dengan kapasitas yang lebih kecil. Dengan demikian, total kapasitas produksi hidrogen peroksida di Indonesia masih terbatas dan belum mencukupi kebutuhan industri nasional yang terus meningkat (Badan Pusat Statistik, 2025).

Berdasarkan data kapasitas produksi yang ada, pabrik hidrogen peroksida yang beroperasi saat ini di Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan nasional. Kebutuhan hidrogen peroksida terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri pengguna di berbagai sektor. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan pembangunan pabrik hidrogen peroksida baru. Pabrik baru dengan kapasitas yang lebih besar akan membantu mengatasi kekurangan pasokan ini. Selain itu, keberadaan pabrik dapat meningkatkan ketahanan industri kimia dalam negeri dan mengurangi ketergantungan pada impor hidrogen peroksida, yang pada akhirnya dapat meningkatkan stabilitas ekonomi nasional.

1.2 Rumusan Masalah

Kenaikan kebutuhan hidrogen peroksida di Indonesia sejalan dengan perkembangan sektor industri kimia dan aplikasinya dalam berbagai produk. Oleh karena itu, penting untuk merencanakan pembangunan pabrik hidrogen peroksida baru dengan kapasitas lebih besar. Pabrik ini ditujukan mengatasi kekurangan pasokan yang ada dan memperkuat ketahanan industri kimia domestik. Prarancangan pabrik ini memerlukan perhitungan kapasitas yang memadai untuk kebutuhan dalam maupun luar negeri. Selain itu, hal ini akan mengurangi ketergantungan pada impor hidrogen peroksida, meningkatkan stabilitas ekonomi, dan menciptakan lapangan kerja.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan prarancangan Pabrik Hidrogen Peroksida dengan proses *autooksidasi antrhaquinone* ini adalah:

1. Sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik kimia
2. Memenuhi Kebutuhan Hidrogen Peroksida baik di dalam maupun di luar negeri.

3. Untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu Teknik kimia yang telah dipelajari selama di bangku perkuliahan.

1.4 Manfaat Perancangan

Manfaat dari perancangan ini agar mahasiswa lebih memahami dan mampu merealisasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan dalam bentuk prarancangan pabrik Hidrogen Peroksida dengan kapasitas dan hasil produksi yang lebih baik. Selain alasan tersebut pendirian pabrik Hidrogen Peroksida juga memiliki manfaat sebagai .

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan Hidrogen Peroksida di dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain dan dapat menghemat devisa negara.
2. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.
3. Merangsang industri hulu yang berbahan baku Hidrogen Peroksida.

1.5 Batasan Masalah

Didalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik Hidrogen Peroksida ini, penyusun membatasi hanya pada *flowsheet (steadystate)* pabrik Hidrogen Peroksida, *dynamic mode*, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, unit utilitas dan tugas khusus.

1.6 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik adalah faktor krusial dalam pendirian pabrik karena akan memengaruhi perhitungan produksi dan efisiensi ekonomi. Semakin besar kapasitas pabrik, potensi keuntungan yang dapat diperoleh juga meningkat. Namun, dalam menentukan kapasitas, perlu mempertimbangkan faktor-faktor lain yang relevan. Salah satu hal yang penting diperhatikan adalah data kebutuhan Hidrogen Peroksida, baik di Indonesia maupun di dunia.

Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik, beberapa faktor utama harus diperhatikan agar operasionalnya optimal. Pertimbangan tersebut mencakup beberapa pertimbangan diantaranya yaitu :

- a. Kapasitas produksi Hidrogen Peroksida
- b. Ketersediaan bahan baku
- c. Kebutuhan Hidrogen Peroksida di Indonesia
- d. Perkiraan dan Penetapan Kapasitas Produksi

1. **Produksi Hidrogen Peroksida di Indonesia dan Dunia**

Tahun 2025 kapasitas produksi hidrogen peroksida dalam negeri masih mencapai sekitar 241.000 ton per tahun dan akan terus meningkat setiap tahunnya. Di Indonesia sendiri telah berdiri beberapa pabrik hidrogen peroksida yang dapat dilihat dari Tabel 1.1

Tabel 1.1 Kapasitas Produksi Hidrogen Peroksida Di Indonesia

No	Nama	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT. Peroksida Indonesia	51.000
2.	PT. Sindopex Perotama	48.000
3.	PT. Risyad Brasali	60.000
4	PT. Samator Inti Peroksida	50.000
5.	PT. Pupuk Iskandar Muda	12.000

(Badan Pusat Statistik, 2025)

Dibeberapa Negara telah berdiri pabrik yang memproduksi Hidrogen Peroksida yang menghasilkan rentang produksi dengan rincian pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Kapasitas Produksi Hidrogen Peroksida Di Dunia

No	Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Solvay	Longview, Washington	55.000
2.	Evonik	Theodore, Alabama	80.000
3.	Arkena	Memphis, Tennessee	70.000
4	Mitsubishi Gas	Mobile, Alabama	65.000
5.	Nouryon	Columbus, Mississippi	40.000
6.	FMC Corporation	Bayport, Texas	45.000

(*Guide to the Business of Chemistry*, 2025)

2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama hidrogen peroksida adalah hidrogen yang diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, udara dari alam dan *2-ethylanthraquinone* diimpor dari china. Pabrik hidrogen peroksida ini direncanakan didirikan pada tahun 2029 dengan pertimbangan yaitu studi kelayakan (2024–2025), Perizinan dan Regulasi (2025–2026), Pengadaan Alat & Pembangunan (2026–2028), Uji Coba dan Optimalisasi (2028-2029), Operasional Penuh (2030). Oleh karena itu penentuan kapasitas produksi pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor yaitu:

1.6.1 Kebutuhan Hidrogen Peroksida Di Indonesia

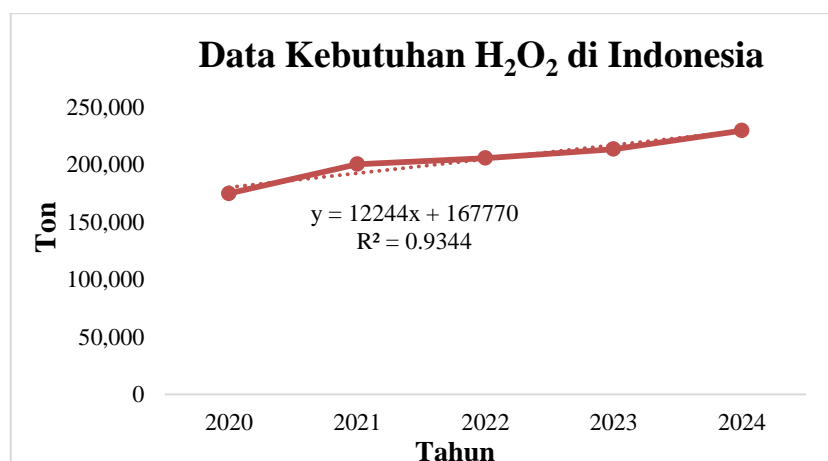
Data kebutuhan Hidrogen Peroksida di Indonesia dari peninjauan data impor dan ekspor terhadap Hidrogen Peroksida. Adapun data kebutuhan Hidrogen Peroksida pada tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Kebutuhan Hidrogen Peroksida di Indonesia

Tahun	Ton/Tahun
2020	174.572
2021	200.132
2022	205.358
2023	213.174
2024	229.270

(Badan Pusat Statistik, 2025)

Grafik data kebutuhan Hidrogen Peroksida di Indonesia pada tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Hidrogen Peroksida dari Tahun 2020-2024

Persamaan garis lurus yang didapatkan adalah sebagai $y = 12244x + 167770$, dimana X adalah urutan data point pada sumbu x di grafik dihitung dari tahun 2020 sampai tahun yang akan dihitung, sedangkan Y adalah kebutuhan impor Hidrogen Peroksida pada tahun tertentu satuan ton. Berdasarkan data impor Hidrogen Peroksida diperkirakan kebutuhan Hidrogen Peroksida di Indonesia pada tahun 2030 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y &= 12.244 x + 167.770 \\ &= 12.244 (11) + 167.770 \\ &= 290.210 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan garis lurus didapat perkiraan kebutuhan dari hasil ekstrapolasi yang dinyatakan dalam Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Hidrogen Peroksida di Indonesia

Tahun	Ton/tahun
2025	230.765
2026	241.234
2027	253.478
2028	265.722
2029	277.966
2030	290.210

(Data Ekstrapolasi, 2025)

Berdasarkan Tabel 1.4 diatas dapat dilihat permintaan Hidrogen Peroksida meningkat. Kebutuhan Pada tahun 2030 dapat diperkirakan ekstrapolasi dengan hasil 290.925 Ton/Tahun. Kapasitas produksi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi} &= \text{Data Kebutuhan Produksi} - \text{Kapasitas dalam Negeri} \\ &= 290.210 \text{ Ton/Tahun} - 221.000 \text{ Ton/Tahun} \\ &= 69.210 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

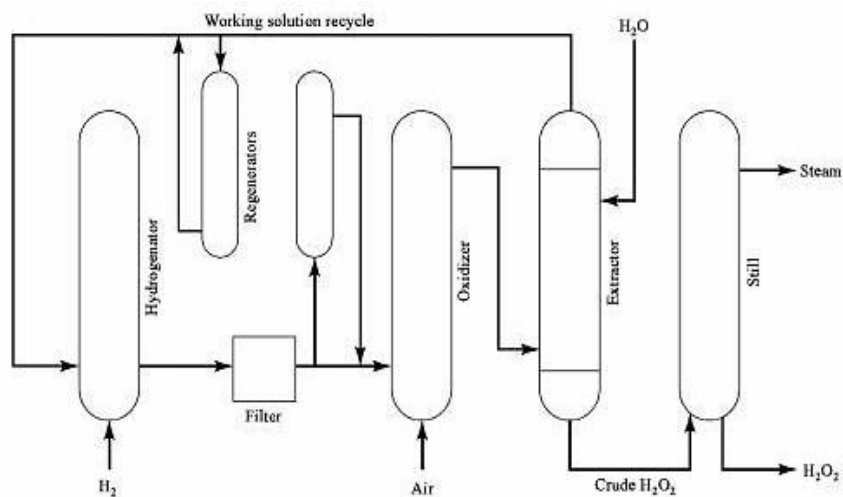
Memperhatikan kebutuhan pasar domestik dan pasar dunia serta ketersediaan bahan baku, maka kapasitas produksi Hidrogen Peroksida ditetapkan 100.000 Ton/Tahun memenuhi 70% kebutuhan Indonesia dan 30% kebutuhan dunia.

1.7 Pemilihan Proses

Proses pembuatan Hidrogen Peroksida dapat dilakukan oleh beberapa cara, yaitu:

1.7.1 Proses Autooksidasi Anthraquinone

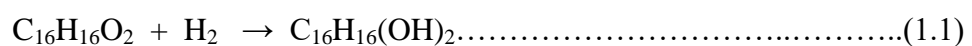
Proses ini adalah pengembangan dari *hydroquinone* dan hidrobenzena dimana direaksikan dengan oksigen sehingga terbentuklah hidrogen peroksida secara kuantitatif. Namun tahun 1935 ditemukan bahwa *2-alkilantrahidroquinone* sama dengan untuk penggunaan sebagai pembawa reaksi hidrogen pada suatu siklus proses. Proses autooksidasi ditunjukkan pada Gambar 1.3 dan Gambar 1.4.



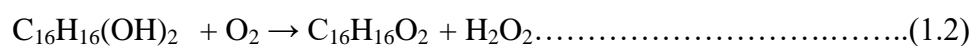
Gambar 1.3 Proses *Autooksidasi Antrahidroquinone*
(Kirk Othmer, Edisi 13)

Proses larutan hanya alkilantraquinone. Alkil antraquinone ini akan bekerja dengan katalis logam paladium atau disebut juga Pd. Senyawa kompleks bereaksi dengan hidrogen yang menciptakan *yield* terhadap Pd. *Yield* dari hidrogen peroksida dan antraquinone per siklus proses sangat tinggi tetapi reaksi lain dibutuhkan untuk meregenerasi larutan dan katalis dari hidrogenasi serta untuk menghilangkan material organik dari ekstraksi hidrogen peroksida. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

Proses Hidrogenasi



Reaksi Oksidasi



Reaksi terjadi pada tekanan 100-400 kPa/g atau 1-4 atm dan suhu di bawah 75°C. Beberapa paten dengan temperatur *range* 40-65°C. Reaksi eksotermis hidrogenasi dengan jumlah mendekati 55% dari 188,7 kJ/mol (45,1 kcal/mol) panas pembentukan H₂O₂ dari elemen-elemen. Panas yang dihasilkan dapat dihilangkan dengan jaket pendingin atau resirkulasi laju alir di *inlet* maupun *outlet*. Konversi dari quinone menjadi hidroquinone normalnya mencapai 45-50% untuk meminimalisir reaksi kedua, namun konversi dapat di atas 80%. Beberapa kasus larutan tidak begitu efektif jika tekanan lebih besar dari 4 atm.

Proses autoksidasi antraquinon komersial pertama (1 metrik ton H₂O₂ per hari) diperkenalkan oleh IG *Farbenindustrie* di Jerman pada tahun 1940-an. Semua pabrik produksi berbasis *antraquinone* berikutnya yang dibangun di seluruh dunia dalam lima dekade berikutnya mempertahankan konsep asli. Namun, peningkatan yang penting dalam langkah-langkah utama : hidrogenasi, oksidasi, ekstraksi hidrogen peroksida, dan perlakuan terhadap solusi kerja. Reaksi utama melibatkan proses *Riedl-Pfleiderer*, yang saat ini merupakan bagian terbesar dari hidrogen produksi peroksida, *2-alkylanthraquinone* (AQ; biasanya *2-ethylantraquinone*) dalam pelarut yang tepat atau campuran pelarut dihidrogenasi secara katalitik ke antraquinone atau antrahidroquinon yang sesuai (AHQ). Hidrogen peroksida dilepaskan dari larutan kerja organik dengan air yang didemineralisasi untuk menghasilkan polimer yang menghasilkan polusi yang biasanya 30% berat H₂O₂. H₂O₂ berair kemudian didistilasi untuk menghilangkan kotoran dan meningkatkan konsentrasi setinggi 70%, dan campuran pelarut / antraquinone didaur ulang dengan konversi sebesar 95%.

Tabel 1.5 Uji Ekomomi Awal Proses Autooksidasi *Anthraquinone*

Bahan Baku	Berat Mole (g/mol)	Harga (Rp/Kg)
2-Ethylantraquinone (C ₁₆ H ₁₂ O ₂)	236,26	14.000
Hidrogen (H ₂)	2,016	5.048
Produk		
Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂)	34,016	211. 800

(*Chemanalyst*, 2025)

Bahan Baku

$$\begin{aligned}
 \text{2-Ethylantraquinone (C}_{16}\text{H}_{12}\text{O}_2\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 236,26 \text{ g/mol} \\
 &= 236,26 \text{ g} \\
 &= 0,23626 \text{ kg} \\
 &= 0,23626 \text{ kg} \times \text{Rp. 14.000} \\
 &= \text{Rp. 3.307}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hidrogen (H}_2\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 2,016 \text{ g/mol} \\
 &= 2,016 \text{ g} \\
 &= 0,002016 \text{ kg} \\
 &= 0,002016 \text{ kg} \times \text{Rp. 5.048} \\
 &= \text{Rp. 10.18}
 \end{aligned}$$

Koversi Produk

$$\begin{aligned}
 \text{Hidrogen Peroksida (H}_2\text{O}_2\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 34,016 \text{ g/mol} \\
 &= 34,016 \text{ g} \\
 &= 0,034016 \text{ kg} \\
 &= 0,034016 \text{ kg} \times \text{Rp 211.800} \\
 &= \text{Rp. 7.203}
 \end{aligned}$$

Keuntungan Produk/Kg

$$\begin{aligned}
 &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= \text{Rp. 7.203} - (\text{Rp. 3.317}) \\
 &= \text{Rp. 7.203} - \text{Rp. 3.317} \\
 &= \text{Rp. 3.887}
 \end{aligned}$$

Net Profit Margin

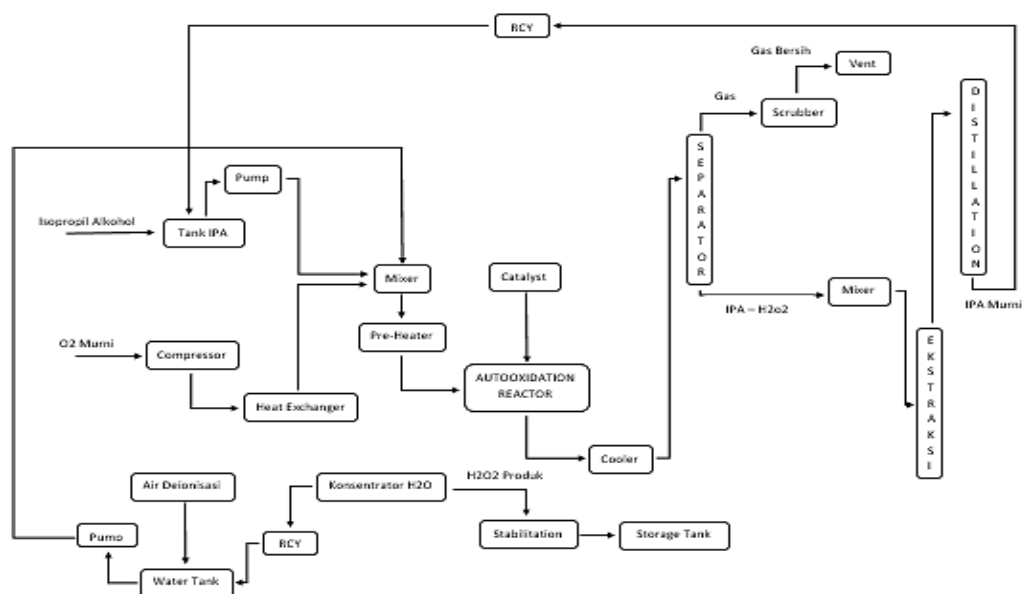
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{3.887}{3.317} \times 100\% \\
 &= 92,50\%
 \end{aligned}$$

1.7.2 Proses Oksidasi Alkohol

Oksidasi parsial dari alkohol primer atau sekunder dalam fase liquid atau uap menghasilkan hidrogen peroksida dan aldehid atau keton dengan *yield* yang tinggi. Reaksi berlangsung pada suhu 70 - 160°C dan tekanan 10-20 atm. Gas oksigen dari udara dilewatkan menembus alkohol pada bagian bawah oksidator. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Suhu diatas 70°C diperlukan agar menghasilkan laju yang baik dan tekanan dari sistem dijaga setidak-tidaknya sama dengan tekanan uap dari fase liquid pada suhu reaksi yang digunakan, laju oksidasi alkohol sangat terpengaruh terhadap jumlah asam organik yang ada dalam bentuk liquida, sehingga akumulasi dari jumlah asam menyebabkan reaksi tidak terkontrol .



Gambar 1.6 Proses Oksidasi Alkohol
(Ullman, 2012)

Hasil campuran yang berisi alkohol yang tidak terpakai, hasil keton dan hidrogen peroksida kemudian dipisahkan dengan falling film evaporator, dimana bahan organik dan air melalui bagian atas kolom dan hidrogen peroksida berada dibagian bawah dan ditambahkan air yang cukup sehingga konsentrasi hidrogen peroksida dibawah 50% untuk konsentrasi hidrogen peroksida yang mengandung bahan- bahan organik lainnya. Selanjutnya

dimurnikan dengan ekstraksi *counter current* dan dilanjutkan menuju *ion exchanger* untuk menghasilkan hidrogen peroksida murni dalam konsentrasi yang sesuai dengan kebutuhan dengan konversi sebesar 60-70%.

Tabel 1.6 Uji Ekomomi Awal Proses Oksidasi Alkohol

Bahan Baku	Berat Molukel (g/mol)	Harga (Rp/Kg)
Isopropil Alkohol (CH ₃) ₂ CHOH)	60,10	25.000
Produk		
Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂)	34,016	211. 800
Aseton (CH ₃ COCH ₃)	58,08	121.000

Sumber: Alibaba, 2025

Bahan Baku

$$\begin{aligned}
 \text{Isopropil Alkohol (CH}_3\text{)}_2\text{CHOH)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 60,10 \text{ g/mol} \\
 &= 60,10 \text{ g} \\
 &= 0,06010 \text{ kg} \\
 &= 0,06010 \text{ kg} \times \text{Rp. } 25.000 \\
 &= \text{Rp. } 1.502
 \end{aligned}$$

Koversi Produk

$$\begin{aligned}
 \text{Hidrogen Peroksida (H}_2\text{O}_2\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 34,016 \text{ g/mol} \\
 &= 34,016 \text{ g} \\
 &= 0,034016 \text{ kg} \\
 &= 0,034016 \text{ kg} \times \text{Rp } 211. 800/\text{kg} \\
 &= \text{Rp. } 5.719
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Aseton (CH}_3\text{COCH}_3\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 58,08 \text{ g/mol} \\
 &= 58,08 \text{ g} \\
 &= 0,05808 \text{ kg} \\
 &= 0,05808 \text{ kg} \times \text{Rp } 121.000 \\
 &= \text{Rp. } 7.027
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan Produk/Kg} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= \text{Rp. 1.052} - (\text{Rp. 12.746}) \\
 &= \text{Rp. 1.052} - \text{Rp. 12.746} \\
 &= \text{Rp. -11.694} \\
 \text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{-11.694}{12.746} \times 100\% \\
 &= -91,76\%
 \end{aligned}$$

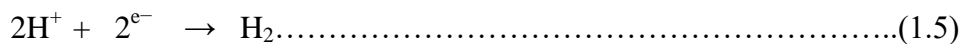
1.7.3 Proses Elektrolitik

Elektrolisis adalah proses yang menggunakan arus listrik untuk menggerakkan reaksi redoks yang tidak spontan. Dalam produksi H₂O₂ secara elektrokimia, reaksi terjadi dalam sel elektrolitik yang terdiri dari anoda dan katoda yang terpisah oleh elektrolit.

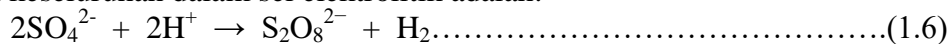
Proses elektrolitik dalam produksi hidrogen peroksida merupakan metode elektrokimia yang menggunakan arus listrik untuk menggerakkan reaksi redoks di dalam sel elektrolitik. Dalam proses ini, larutan asam sulfat (H₂SO₄) digunakan sebagai elektrolit yang mengalami reaksi elektroda anoda dan katoda. Pada anoda, ion SO₄²⁻ mengalami oksidasi membentuk peroksodisulfat (S₂O₈²⁻) seperti yang ditunjukkan dalam reaksi berikut:



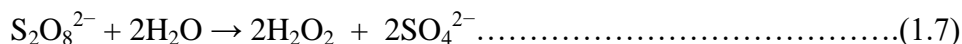
Sedangkan pada katoda, ion hidrogen (H⁺) mengalami reduksi menjadi gas hidrogen (H₂)



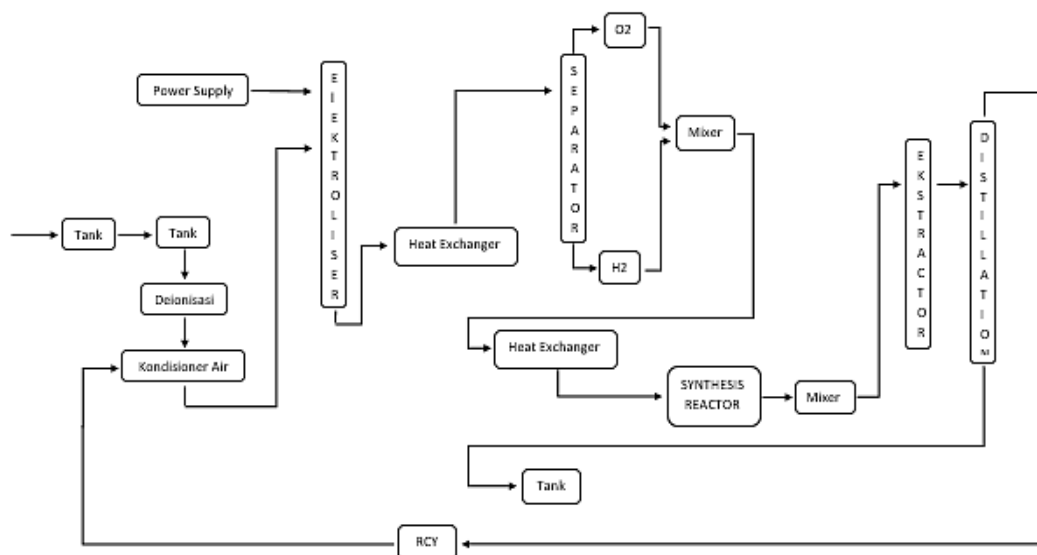
Reaksi keseluruhan dalam sel elektrolitik adalah:



Setelah elektrolisis, larutan yang mengandung peroksodisulfat (S₂O₈²⁻) dihidrolisis pada suhu sekitar 90-100°C untuk menghasilkan hidrogen peroksida dan ion sulfat:



Hidrogen peroksida yang terbentuk memiliki konsentrasi rendah (~3-5% w/w) dan harus melalui tahap pemurnian untuk meningkatkan kemurniannya. Pemurnian dilakukan melalui filtrasi untuk menghilangkan sisa asam sulfat, ekstraksi menggunakan pelarut organik seperti dietil eter atau amil alkohol, serta distilasi vakum untuk meningkatkan konsentrasi hidrogen peroksida hingga 30-70% w/w. Untuk mencegah dekomposisi selama penyimpanan, ditambahkan zat stabilisator seperti asam fosfat atau natrium stannat.



Gambar 1.7 Proses Oksidasi Alkohol
(Ullman, 2012)

Proses ini beroperasi dengan kondisi yang dikontrol secara ketat, seperti tegangan elektrolisis 2-5 V, densitas arus 1-2 A/dm², suhu elektrolisis 40-80°C, dan pH larutan sekitar 2-4. Hidrogen peroksida yang dihasilkan disimpan dalam wadah berbahan plastik atau kaca tahan oksidasi, serta dilindungi dari cahaya dan udara untuk menghindari dekomposisi dengan konversi 80-90%. Dibandingkan metode antrakuinon, proses elektrolitik lebih ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik beracun dan menghasilkan produk dengan kemurnian tinggi. Namun, tantangan utama dalam metode ini adalah konsumsi energi listrik yang tinggi serta kebutuhan peralatan yang tahan terhadap lingkungan korosif akibat penggunaan asam sulfat.

Tabel 1.7 Uji Ekomomi Awal Proses Elektrolitik

Bahan Baku	Berat Molukel (g/mol)	Harga (Rp/Kg)
Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	98,081	388.889
Produk		
Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂)	34,016	211. 800
Hidrogen (H ₂)	2,016	5.048

(Alibaba, 2025)

Bahan Baku

$$\begin{aligned}
 \text{Asam Sulfat (H}_2\text{SO}_4\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 98,081 \text{ g/mol} \\
 &= 98,081 \text{ g} \\
 &= 0,098081 \text{ kg} \\
 &= 0,098081 \text{ kg} \times \text{Rp. } 388,889 \\
 &= \text{Rp. } 38.119
 \end{aligned}$$

Koversi Produk

$$\begin{aligned}
 \text{Hidrogen Peroksida (H}_2\text{O}_2\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 34,016 \text{ g/mol} \\
 &= 34,016 \text{ g} \\
 &= 0,034016 \text{ kg} \\
 &= 0,034016 \text{ kg} \times \text{Rp } 211. 800/\text{kg} \\
 &= \text{Rp. } 5.917
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hidrogen (H}_2\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 2,016 \text{ g/mol} \\
 &= 2,016 \text{ g} \\
 &= 0,002016 \text{ kg} \\
 &= 0,002016 \text{ kg} \times \text{Rp. } 5.048/\text{kg} \\
 &= \text{Rp. } 10,18
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Analisa Ekonomi/ Mol} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= \text{Rp. } 5.927 - (\text{Rp. } 38.119) \\
 &= \text{Rp. } 5.927 - \text{Rp. } 38.119
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp.} - 32.192 \\
 \text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{- 32.192}{5.927} \times 100\% \\
 &= -543,18\%
 \end{aligned}$$

1.7.4 Perbandingan Proses Pembuatan Hidrogen Peroksida

Berdasarkan kedua proses diatas yaitu proses Proses Autooksidasi *Anthraquinone*, Oksidasi Alkohol dan Elektrolitik. Ketiga proses tersebut memiliki parameter yang berbeda-beda. Berdasarkan perbedaan parameter yang ada sebagaimana dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.8 Perbandingan Proses Pembuatan Hidrogen Peroksida

Parameter	Autooksidasi <i>Anthraquinone</i>	Oksidasi Alkohol	Elektrolitik
Bahan Baku	<i>2-ethylanthraquinone</i>	Isopropil Alkohol	Asam Sulfat
Reaktor	Reaktor Oksidasi Reaktor Hidrogenasi	Reaktor Oksidasi	Tidak Ada
Produk samping	Tidak ada	Aseton	Hidrogen
Suhu Operasi	40-75°C	70-160°C	40-80°C
Tekanan Operasi	1 - 4 atm	10-20 atm	Tidak Ada
Katalis	Palladium Alumina	Tidak Ada	Tidak Ada
Konversi	99%	60-70%	80-90%
Ekonomi awal	Rp. 3.887	Rp. -11.694	Rp. -32,192

(Mc.Ketta, 1984)

Berdasarkan Tabel 1.8 dapat dipilih yaitu proses pembuatan Hidrogen Peroksida dengan proses Autooksidasi *Anthraquinone* dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Proses berlangsung dengan suhu operasi yang rendah berkisar 40-75°C dibandingkan dengan proses lainnya.
2. Proses autooksidasi *2-ethyl-anthraquinone* dapat dilakukan pada tekanan 1-4 atm sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi yang dipakai.

3. Konversi produk tertinggi sebesar 99% dibandingkan dengan proses lainnya.
4. Proses autooksidasi tidak menghasilkan produk samping, berbeda dengan oksidasi alkohol yang menghasilkan aseton dan elektrolitik yang menghasilkan hidrogen.
5. Menggunakan katalis palladium dalam proses autooksidasi *2-ethyl-anthraquinone* dengan tujuan mempercepat reaksi dan meningkatkan konversi produk.
6. Analisa ekonomi awal yang memiliki nilai tertinggi Rp. 3.887 dan *net profit margin* tertinggi yaitu 72,50%

1.8 Uraian Proses

Proses pembentukan hidrogen peroksida dari *2-ethylanthraquinone* secara umum dapat dibagi menjadi empat tahap, yaitu:

- a. Tahap penyiapan bahan baku
- b. Tahap pembentukan produk
- c. Tahap pemurnian produk

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses ini adalah *2-Ethyl anthraquinone*, hydrogen, udara, dan air. *2-Ethyl anthraquinone* disimpan dalam Tangki (V-101) pada tekanan atmosfer dan suhu sekitar 30°C dan tekanan 1 atm. Hidrogen dalam bentuk gas bertekanan dialirkan menggunakan Expander (K-101) dari tekanan sekitar 30 atm ke 1,8 atm. Udara diambil dari lingkungan menggunakan Kompresor (K-201) dan dialirkan dari tekanan 1 atm dan dinaikkan ke 1,4 atm untuk proses oksidasi. Air digunakan dalam tahap ekstraksi serta pemurnian, pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C.

Sebelum masuk ke tahap reaksi, *2-Ethyl anthraquinone* dipompa oleh pompa (P-101) dan dipanaskan di *Heater* (E-100) hingga mencapai suhu 75°C untuk kondisi optimal reaksi hidrogenasi. Hidrogen direduksi tekanannya melalui Expander (K-101) dari 30 atm menjadi 1,8 atm dan dialirkan ke *Heater* (E-101) untuk disesuaikan suhunya hingga sekitar 75°C sebelum digunakan dalam reaksi.

2. Tahap Pembentukan Produk

Proses utama terdiri dari dua reaksi bertahap yaitu hidrogenasi dan oksidasi. Di Reaktor Hidrogenasi (R-201), *2-Ethyl anthraquinone* direduksi oleh hidrogen menjadi *ethylhydroquinone* pada suhu 75°C dan tekanan 1,7 atm. *ethylhydroquinone* kemudian dialirkan ke Reaktor Oksidasi (R-202), di mana mengalami oksidasi dari udara pada suhu 75°C dan tekanan 1,4 atm, menghasilkan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) dan meregenerasi *ethyl anthraquinone*. Hasil reaksi dipisahkan di Separator (V-201), lalu dialirkan Ekstraksi (T-301) untuk pemisahan.

3. Tahap Pemurnian Produk

Hidrogen peroksida yang dihasilkan diekstraksi menggunakan air di menara ekstraksi (T-301) pada suhu 75°C . Larutan organik yang masih mengandung *2-Ethyl anthraquinone* dikembalikan ke proses melalui RCY-2 untuk digunakan kembali dalam siklus reaksi. *Liquid* dari T-301 dipompa oleh (P-301) untuk di *recycle* kembali. Top Produk dari Separator (V-201) yang mengandung Oksigen yang cukup banyak juga dikembalikan melalui RCY-1 untuk digunakan kembali di Reaktor Oksidasi (R-202). Sebagian cairan hasil dari Ekstraktor (T-301) yang mengandung H_2O_2 dan H_2O juga dialirkan ke Distilasi (T-302), yang memiliki kondensor dan reboiler, untuk pemisahan tambahan pada suhu 76°C dan tekanan 1,7 atm. Produk akhir H_2O_2 kemudian didinginkan di *cooler* (E-302) hingga suhu 30°C sebelum disimpan dalam tangki (V-301).

1.9 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika berfungsi untuk penentuan sifat reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis. Selain itu tinjauan ini berfungsi untuk mengetahui kebutuhan panas yang nantinya dibutuhkan pada proses reaksi yang terjadi. Secara termodinamika reaksi dapat dilihat dari harga entalpi, energi *gibbs* dan konstanta kesetimbangannya. Diketahui pada temperatur 298 K. Nilai entalpi ditunjukkan pada Tabel 1.9

Tabel 1.9 Harga $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta H^{\circ}G$ masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/mol)	$\Delta H^{\circ}G$ (kJ/mol)
2-Ethyl anthraquinone (C ₁₆ H ₁₆ O ₂)	-226.58	-185.32
2-Ethyl anthrahydroquinone (C ₁₆ H ₁₆ (OH) ₂)	-248.02	-196.65
Hidrogen (H ₂)	0	0
Oksigen (O ₂)	0	0
Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂)	-189.67	-120.35

(Yaws, 2008)

1. Proses HidrogenasiPerhitungan ΔH° reaksi:

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_{298} &= \sum \Delta H^{\circ}f(\text{produk}) - \sum \Delta H^{\circ}f(\text{reaktan}) \dots \dots \dots (1.9) \\ &= [-248.02] - [-226.58 + 0] \\ &= -21.44 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

2. Reaksi OksidasiPerhitungan ΔH° reaksi:

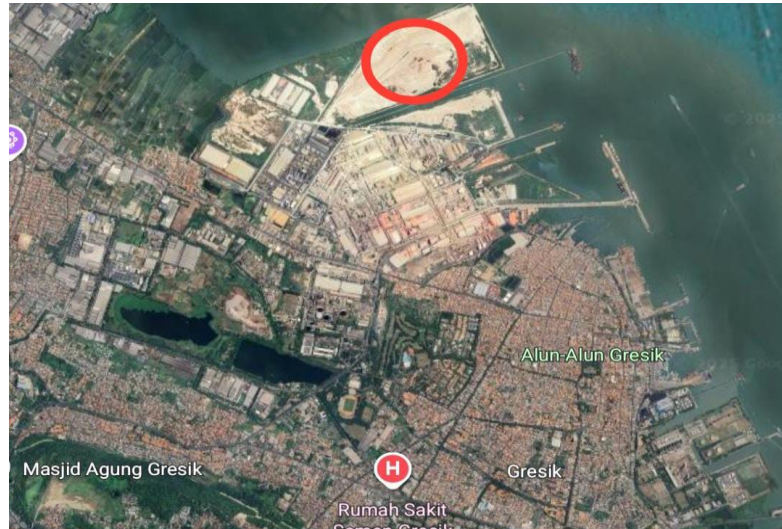
$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_{298} &= \sum \Delta H^{\circ}f(\text{produk}) - \sum \Delta H^{\circ}f(\text{reaktan}) \dots \dots \dots (1.11) \\ &= [-226.58 + (-189.67)] - [-248.02 + 0] \\ &= -168.23 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Harga $\Delta H_{f,298K}$ bernilai negatif, maka reaksi pembentukan Hidrogen Peroksida dari 2-Ethyl anthraquinone adalah reaksi eksotermis. Hal ini dapat dijelaskan bahwa reaksi mengeluarkan panas selama reaksi berlangsung.

1.10 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat penting dalam perancangan pabrik karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan dibangun. Pabrik Hidrogen Peroksida Dari Hidrogen, Udara Dan 2-Ethyl Antrhaquinone Menggunakan Proses Autooksidasi Antrhaquinone Dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun ini direncanakan akan berdiri di kawasan Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Lokasi ini memiliki nilai tambah bagi produksi hidrogen peroksida karena mendekati sumber bahan baku dan memiliki sarana

prasarana yang sangat menunjang dalam proses pembuatan produk. Lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8 Lokasi Pabrik di Kabupaten Gresik, Jawa Timur

1.10.1 Sumber Bahan Baku

Bahan baku pembuatan hidrogen peroksida yaitu hidrogen diperoleh dengan cara mendatangkan bahan tersebut dari PT. Petrokimia Gresik yang merupakan produsen pupuk kimia dengan produk samping yang dijual ialah gas hidrogen sebagai produk gas industri melalui jalur pipa dengan kadar minimal 79% sesuai spesifikasi SNI 06-0041-1987.

Untuk bahan baku *2-ethyl antrhaquinone* dan katalis Palladium didapatkan dengan mengimpor bahan tersebut dari China dan Jepang melalui distribusi jalur laut melalui pelabuhan terdekat lokasi pabrik yaitu pelabuhan Tanjung Perak serta mendapatkan sumber air dari Sungai Brantas untuk kebutuhan proses produksi dengan debit air 439,33 m³/dt (Badan Pusat Statistik, 2025).

1.10.2 Pemasaran Produk

Lokasi Pabrik terpilih yaitu Kabupaten Gresik, Jawa Timur adalah kawasan industri yang cukup besar dan terus berkembang. Hal ini menjadikan kawasan industri di sekitaran Kabupaten Gresik sebagai pasar yang baik bagi hidrogen peroksida. Selain itu, lokasi Gresik yang dekat dengan Surabaya sebagai kota metropolitan dan pelabuhan utama memberikan keuntungan dalam distribusi produk ke pasar domestik maupun ekspor ke luar negeri. Strategi pemasaran dapat

difokuskan pada kerja sama dengan perusahaan lokal dan internasional, serta penyediaan produk berkualitas tinggi dengan harga kompetitif untuk memenangkan pasar.

1.10.3 Transportasi

Dari sisi transportasi, Gresik memiliki infrastruktur yang memadai untuk mendukung operasional pabrik. Aksesibilitas melalui jalan raya utama seperti jalur Pantura dan jalan tol Gresik-Surabaya memungkinkan pengangkutan bahan baku dan distribusi produk jadi berjalan lancar. Selain itu, kedekatan dengan Pelabuhan Tanjung Perak mempermudah pengiriman barang melalui jalur laut, baik untuk kebutuhan domestik maupun ekspor. Infrastruktur transportasi ini akan menjadi salah satu keunggulan logistik bagi pabrik hidrogen peroksida di Gresik.

1.10.4 Tenaga Kerja

Tenaga kerja di wilayah Jawa Timur cukup melimpah karena tingginya populasi dan banyaknya lulusan dari institusi pendidikan di daerah tersebut. Kabupaten Gresik sendiri memiliki tenaga kerja lokal yang dapat dilatih untuk memenuhi kebutuhan operasional pabrik. Selain itu, tenaga kerja terampil dan profesional juga dapat direkrut dari kota-kota besar seperti Surabaya atau Malang untuk mengisi posisi strategis dalam manajemen dan teknis pabrik.

1.10.5 Utilitas

Gresik memiliki sumber daya yang cukup untuk mendukung kebutuhan operasional pabrik. Pasokan air dapat diperoleh dari Sungai Brantas untuk kebutuhan proses produksi dengan debit air 439,33 m³/dt di sekitar wilayah tersebut atau kerja sama penyedia air bersih setempat. Sementara itu, kebutuhan listrik dapat dipenuhi oleh jaringan PLN yang sudah menjangkau kawasan industri di Gresik, dengan tambahan berupa generator energi alternatif jika diperlukan. Ketersediaan bahan bakar juga relatif mudah karena Gresik merupakan salah satu pusat distribusi energi di Jawa Timur. Dengan semua dukungan ini, pendirian pabrik hidrogen peroksida di Kabupaten Gresik memiliki potensi besar untuk sukses dan memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi daerah serta memenuhi kebutuhan industri secara berkelanjutan.