

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Pabrik hidrogen ini diproduksi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dengan menggunakan bahan baku air dengan bantuan energi listrik yang akan beroperasi selama 24 jam perhari dalam kurun waktu 330 hari selama setahun. Secara garis besar pabrik ini terdiri dari beberapa tahapan dari persiapan bahan baku, proses elektrolisis, proses pemurnian dan proses persiapan penyimpanan. Untuk memperoleh kualitas produk yang diinginkan maka perancangan pabrik hidrogen diperlukan pemilihan proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1 Uraian Proses

Dalam langkah pembuat hidrogen dengan elektrolisis air dapat dikelompokkan meenjadi beberapa tahap :

3.1.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan hidrogen dengan elektrolisis adalah air. Air yang diambil dari sungai terdekat dengan pabrik dipompa (P-01) menuju penyaringan (FU-01) untuk menyaring kotoran yang terbawa pada saat proses peenghisapan, setelah itu di pompa (P-02) menuju Reservoir (RU-01) untuk mengendapan lumpur, air yang sudah di reservoir akan di pompa (P-03) menuju bak koagulasi (BU-01), hasil dari proses koagulasi akan di endapkan dalam bak pengendapan I (BU-02) dan bak pengendapan II (BU-03) setelah itu air di pompa (P-04) menuju filtrasi (FU-02) setelah itu di simpan di

Bak penampungan air bersih. Setelah itu air di proses di alat ion exchanger untuk menghilangkan kandungan mineral di dalam air dan di pompa menuju tanki penyimpanan bahan baku (TP-01)

3.1.2 Proses Elektrolisis

Bahan baku yang berupa air dari Tangki Bahan Baku (TP-01) setelah di proses agar sesuai dengan kebutuhan kondisi operasi elektrolisi, dipompa (PP-01) menuju pemanas (HE-01) untuk dipanaskan dari suhu 30°C menjadi 80°C, setelah itu kemudian air dialirkan dengan (PP-02) menuju mixer untuk dicampurkan dengan KOH menjadi larutan elektrolit yang akan membantu proses elektrolisis. Setelah itu air larutan KOH dialirkan menuju reaktor elektrolisis (EL-01) dengan pompa (PP-03). Di dalam reaktor tersebut dengan kondisi suhu 80°C dan tekanan 1 atm, akan terjadi proses penguraian air menjadi H₂ dan O₂ dengan katalis KOH dan bantuan energi listrik sebesar 3.04 V. produk yang keluar dari reaktor elektrolisis (EL-01) berupa oksigen, hidrogen dan uap air yang tidak terurai yang bercampur di dalam gas hidrogen dan oksigen dengan suhu 138°C. Oksigen dan Hidrogen akan keluar dari reaktor dengan arus yang berbeda. Hal ini disebabkan proses pembentukan hidrogen berada di katoda sedangkan oksigen pada anoda. Diafgram yang berada di tengah sell berfungsi untuk memisahkan kedua hasil proses tersebut.

3.1.3 Proses pemurnian produk

Gas hidrogen dan gas oksigen yang keluar pada reaktor memiliki kandungan berupa uap air yang harus dipisahkan terlebih dahulu sebelum disimpan ke dalam tangka penyimpan hidrogen (TP-02) dan tangka penyimpanan

oksigen (TP-03). Gas hidrogen yang keluar dari reaktor mengalir menuju condenser (CD-01) untuk mengembunkan uap air yang berada di dalam gas hidrogen. Setelah itu hasil pengembunan akan dipisahkan di dalam separator (SP-01). Air keluar Separator (SP-01) akan di pompa (PP-04) menuju reaktor untuk diuraikan kembali. Kemudian gas keluaran hasil Separator akan di simpan dalam tangki penyimpan hidrogen (T-02).

selanjutnya gas oksigen yang keluar pada reaktor memiliki kandungan berupa uap air yang harus dipisahkan terlebih dahulu sebelum disimpan ke dalam tangki penyimpan Oksigen (T-03). Gas Oksigen yang keluar dari reaktor mengalir menuju condenser (CD-02) untuk mengembunkan uap air yang berada di dalam gas hidrogen. Setelah itu hasil pengembunan akan dipisahkan di dalam separator (SP-02). Air keluaran Separator akan di pompa (PP-05) menuju reaktor untuk diuraikan kembali. Kemudian gas keluaran hasil Separator akan di simpan dalam tangki penyimpan Oksigen (T-03).

3.1.4 Proses penyimpanan produk

Pada proses penyimpanan, suhu gas hidrogen akan diturunkan menjadi 30°C. Lalu gas hidrogen akan dinaikan tekanannya dengan kompresor (CP-01) dari tekanan 1 atm menjadi tekanan 200 atm. Gas hidrogen berubah fasanya menjadi gas hidrogen bertekanan yang kemudian di pompa (PP-06) menuju tangki penyimpanan hidrogen (TP-02),

Begitu juga dengan gas oksigen, suhu gas oksigen akan diturunkan menjadi 30°C. lalu gas hidrogen akan dinaikan tekanannya dengan kompresor

(CP-02) dari tekanan 1 atm menjadi tekanan 200 atm. Gas Oksigen berubah fasenya menjadi gas hidrogen bertekanan yang kemudian di pompa (PP-07) menuju tangki penyimpanan hidrogen (TP-03),

3.2 Speesifikasi Alat

a. Reaktor Elektrolisis (RE-01)

Fungsi	: Menguraikan air menjadi gas hidrogen dan gas oksigen.
Jenis	: <i>Alkaline Water Elektrolysis</i>
Fasa	: Cair - Gas
Bentuk	: Silinder tegak
Suhu masuk	: 80 °C
Suhu keluar	: 138°C
Tekanan udara	: 1 atm
Konversi air	: 0,0067
Konversi hidrogen	: 0,6622
Konversi oksigen	: 0,3311
Tinggi reaktor	: 11,5520 m
Diameter shell	: 14,451 m
Tebal dinding	: 11/16 m
Bahan konstruksi	: Loy-Alloy Stell SA 202
Jenis Elektroda	: Elektroda SynCell
Jumlah dimensi sell	: 50
Power Reaktor	: 625.9013 kWh
Jumlah Reaktor	: 1 buah
Harga	: US\$ 380.743 (1 buah)

b. Mixer (M-01)

Fungsi	:Mencampur 11478,4205 kg/jam H ₂ O dengan KOH padat menjadi larutan KOH.
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk

Kondisi Operasi : - Tekanan : 1 atm
 : - Temperatur : 80°C
 Volume : 3,4627 m³
 Tebal shell : 0,00476 m
 Tebal head : 0,00476 m
 Tinggi : 1,2192 m

Pengaduk

Jenis : 6 Flat Blade Turbine
 Bahan : Carbon steel SA 283 Grade C
 Diameter pengaduk : 0,1204 m
 Tinggi pengaduk : 0,1416 m
 Lebar pengaduk : 0,1416 m
 Jumlah baffle : 4 buah
 Lebar baffle : 0,1210 m
 Power pengaduk : 13,4437 Hp
 Power Motor : 15 Hp Standar NEMA
 Jumlah pengaduk : 1 buah
 Harga : 54.755 US\$ (1 buah)

c. Condensor (CD-01)

Fungsi : Mencairkan uap air yang terkandung di dalam gas hidrogen
 Jenis : *Total Condenser, Double Pipe Exchanger*
Inner Pipe
 Jenis fluida : Campuran multikomponen
Pressure drop : 0,44 atm
Annulus
 Jenis fluida : Air pendingin
Pressure drop : 0,15 atm
 Luas transfer panas : 2,28 m²
 Kebutuhan Pendingin: 1.198,8 kg/jam
 Faktor kotor (Rd) : 0,0175

Bahan : *Carbon Steel SA-285 Grade C*
Jumlah : 1 buah
Harga : US\$ 12.903 (1 buah)

d. Condensor (CD-02)

Fungsi : Mencairkan uap air yang terkandung di dalam gas Oksigen

Jenis : *Total Condenser, Double Pipe Exchanger Shell Side*

Jenis fluida : Campuran multikomponen

Pressure drop : 0,66 atm

Tube Side

Jenis fluida : Air pendingin

Pressure drop : 0,217 atm

Luas transfer panas : 26,48 m²

Kebutuhan Pendingin: 5.602,6 kg/jam

Faktor kotor (Rd) : 0,0716

Bahan : *Carbon Steel SA-285 Grade C*

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 12.903 (1 buah)

e. Separator Flash Drum (SP-01)

Fungsi : Memisahkan uap sebanyak 1264,5545 kg/jam dan cairan sebanyak 32,5069 kg/jam yang berasal dari Reaktor.

Jenis : *Flash Drum.*

Tipe : Tangki Silinder Tegak *Torispherical Head.*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 90°C.

Bentuk : *Vertical tank*

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Tebal shell : 0,00476 m .

Jenis Head : *Toispherical dished head.*

Diameter	: 0,406 m.
Tinggi	: 1,253 m.
Nilai H/D	: 3,084
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US\$ 9.975

f. Separator Flash Drum (SP-02)

Fungsi	: Memisahkan uap sebanyak 10102,617 kg/jam dan cairan sebanyak 78,7420 kg/jam yang berasal dari Reaktor.
Jenis	: <i>Flash Drum.</i>
Tipe	: Tangki Silinder Tegak <i>Torispherical Head.</i>
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 90°C
Bentuk	: <i>Vertical tank</i>
Bahan	: Carbon Steel SA 283 Grade C
Tebal shell	: 0,00476 m
Jenis Head	: <i>Toispherical dished head</i>
Diameter	: 1,067 m
Tinggi	: : 1,683 m
Nilai H/D	: 1,154
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US\$ 17,999

g. Heater Umpan Reaktor (HE-01)

Fungsi	: Menaikkan suhu umpan reaktor dari 30 °C menjadi 80 °C
Jenis	: <i>Shell and tubeHeat Exchanger</i>
<i>Shell</i>	
Jenis fluida	: Air
Diameter dalam	: 0,432 m
Jarak <i>baffle</i>	: 0,291 m
<i>Pressure drop</i>	: 1,26 psi

Tubes

Jenis fluida	: Steam
Diameter luar	: 0,031 in
BWG	: 18
<i>Pitch</i>	: 0,030 m <i>triangular pitch</i>
Panjang	: 3,657 m
Jumlah pipa	: 164 buah
<i>Pressure drop</i>	: 0,53 atm
Luas transfer panas	: 71,64 m ²
Kebutuhan Pemanas	: 2138,2326 kg/jam
Faktor kotor (Rd)	: 0,0022
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Jumlah	: 1 buah.
Harga	: US\$ 29.600 (1 buah)

h. Cooler (HE-02)

Fungsi : Mendinginkan keluar separator 90 °C menjadi 30 °C dengan pendingin air yang didinginkan

Jenis : *Shell and tube*

Shell

Jenis fluida : Campuran multikomponen

Diameter dalam : 0,336 m

Jarak *baffle* : 0,168 m

Pressure drop : 0,000244 atm

Tubes

Jenis fluida : Air yang didinginkan

Diameter luar : 1,905 m

BWG : 18

Pitch : 0,75 in *triangular pitch*

Panjang : 4,267 m

Jumlah pipa : 127 buah

Pressure drop : 0,53 atm
 Luas transfer panas : 18,96 m²
 Kebutuhan Pendingin: 29.396,4131 kg/jam
 Faktor kotor : 0,0092
 Bahan : *Carbon Steel SA-285 Grade C*
 Jumlah : 1 buah
 Harga : US\$ 11.300 (1 buah)

i. Cooler (HE-03)

Fungsi : Mendinginkan keluar separator 90 °C menjadi 30 °C dengan pendingin air yang didinginkan

Jenis : *Shell and tube*

Shell

Jenis fluida : Campuran multikomponen

Diameter dalam : 0,336 m

Jarak *baffle* : 0168 m

Pressure drop : 0,0187 atm

Tubes

Jenis fluida : Air yang didinginkan

Diameter luar : 0,019 m

BWG : 18

Pitch : 0,75 in *triangular pitch*

Panjang : 3,657 m

Jumlah pipa : 127 buah

Pressure drop : 0,14 atm

Luas transfer panas : 18,96 m²

Kebutuhan Pendingin: 29.396,4131 kg/jam

Faktor kotor : 0,0027

Bahan : *Carbon Steel SA-285 Grade C*

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 11.300 (1 buah)

j. Tangki Penyimpanan air (TP-01)

Fungsi	: Menyimpan air sebanyak 11478,4200 kg/jam untuk waktu 15 hari.
Jenis	: Vertical tank, Flat bottom, Conical Roof
Suhu	: 30 °C.
Tekanan	: 1 atm.
Kapasitas	: 2052,51 m ³
Tinggi	: 6,477 m
Diameter	: 17,27 m
Bahan	: Carbon steel SA-283 grade-C
Jumlah	: 3 buah
Harga	: US \$ 265.400 (1 buah)

k. Tangki Penyimpanan Hidrogen (TP-02)

Fungsi	: Menyimpan hidrogen sebanyak 1264,5546 kg/jam untuk waktu 10 hari.
Jenis	: Horizontal Tank, Formed Head Closure
Suhu	: 30 °C.
Tekanan	: 200 atm.
Kapasitas	: 7144 m ³
Tinggi	: 6,096m
Diameter	: 16,158 m
Bahan	: Carbon steel SA-240 grade-C
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US \$ 226.200 (1 buah)

l. Tangki Penyimpanan Oksigen (TP-03)

Fungsi	: Menyimpan hidrogen sebanyak 10102,6171 kg/jam untuk waktu 10 hari.
Jenis	: Vertical tank, bottom and roof torispherical
Suhu	: 30 °C.
Tekanan	: 200 atm.

Kapasitas	: 2550,05 m ³
Tinggi	: 7,317 m
Diameter	: 18,292 m
Bahan	: Carbon steel SA-240 grade-C
Jumlah	: 2 buah
Harga	: US \$ 241.100 (1 buah)

m. Tangki Penyimpanan KOH (TP-04)

Fungsi	: Menyimpan KOH sebanyak 28,696 kg/jam untuk waktu 10 hari.
Jenis	: Vertical tank, flat bottom dan Conical Roof
Suhu	: 30 °C.
Tekanan	: 1 atm.
Kapasitas	: 497,58 m ³
Tinggi	: 4,84 m
Diameter	: 7,31 m
Bahan	: Carbon steel SA-240 grade-C
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US \$ 62,300 (1 buah)

n. Kompresor (CP-01)

Fungsi	: Menaikkan tekanan udara sebanyak 1264,5546 kg/jam menjadi 200 atm
Jenis	: Centrifugal compressor Multistage
Suhu	: 30°C
Tekanan Masuk	: 1 atm
Tekanan Keluar	: 200 atm
Power Motor	: 67,237 HP
Jumlah stage	: 6
Harga	: US \$ 59.300 (1buah)

o. Kompresor (CP-02)

Fungsi	: Menaikkan tekanan udara sebanyak 10102,6171 kg/jam menjadi 200 atm
Jenis	: Centrifugal compressor Multistage
Suhu	: 30°C
Tekanan Masuk	: 1 atm
Tekanan Keluar	: 200 atm
Power Motor	: 48,388 HP
Jumlah stage	: 6
Harga	: US \$ 63.500 (1buah)

p. Pompa 1 (PP-01)

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku air dari tangki penyimpanan air (T-01) sebanyak 11478Kg/jam menuju pemanas (HE-01)
Jenis	: <i>sentrifugal, single stage pump</i>
Head	: 44,7392 ft.lbf/lbm
Kapasitas	: 13,46 m ³ /jam
Bahan	: Carbon steel
Motor	: 220 V AC, 3 fase, 50 Hz, 2.0667 Hp
Jumlah	: 2
Harga	: US\$ 4600 (1 buah)

q. Pompa 2 (PP-02)

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku air dari Pemanas (HE-01) sebanyak 11478Kg/jam menuju Mixer (M-01)
Jenis	: <i>sentrifugal, single stage pump</i>
Head	: 45,5979 ft.lbf/lbm
Kapasitas	: 14,11 m ³ /jam
Bahan	: Carbon steel
Motor	: 220 V AC, 3 fase, 50 Hz, 2.1068 Hp
Jumlah	: 2

- Harga : US\$ 4600 (1 buah)
- r. Pompa 3 (PP-03)**
- Fungsi : Mengalirkan bahan baku air dari Mixer(M-01) sebanyak 11478Kg/jam menuju Reaktor (RE-01)
- Jenis : *sentrifugal, single stage pump*
- Head : 43,4671 ft.lbf/lbm
- Kapasitas : 7,4301 m³/jam
- Bahan : Carbon steel
- Motor : 220 V AC, 3 fase, 50 Hz, 2.0083 Hp
- Jumlah : 2
- Harga : US\$ 4600 (1 buah)
- s. Pompa 4 (PP-04)**
- Fungsi : Mengalirkan bahan baku air dari Separator (SP-01) sebanyak 33 Kg/jam menuju Mixer (M-01)
- Jenis : *sentrifugal, single stage pump*
- Head : 42,6516 ft.lbf/lbm
- Kapasitas : 0,041 m³/jam
- Bahan : Carbon steel
- Motor : 220 V AC, 3 fase, 50 Hz, 0,0056 Hp
- Jumlah : 2
- Harga : US\$ 4600 (1 buah)
- t. Pompa 5 (PP-05)**
- Fungsi : Mengalirkan bahan baku air dari tangki Separator (SP-02) sebanyak 79 Kg/jam menuju Mixer (M-01)
- Jenis : *sentrifugal, single stage pump*
- Head : 42,6551 ft.lbf/lbm
- Kapasitas : 0,097 m³/jam
- Bahan : Carbon steel
- Motor : 220 V AC, 3 fase, 50 Hz, 0,0135 Hp
- Jumlah : 2
- Harga : US\$ 4600 (1 buah)

u. Pompa 6 (PP-06)

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku air dari tangka Kompresor (CP-01) sebanyak 1265 Kg/jam menuju Tangki penyimpanan hidrogen (TP-02)
Jenis	: <i>sentrifugal, single stage pump</i>
Head	: 43,6164 ft.lbf/lbm
Kapasitas	: 1,4833 m ³ /jam
Bahan	: Carbon steel
Motor	: 220 V AC, 3 fase, 50 Hz, 0,220 Hp
Jumlah	: 2
Harga	: US\$ 4600 (1 buah)

v. Pompa 7 (PP-07)

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku air dari tangka Kompresor (CP-02) sebanyak 10103 Kg/jam menuju Tangki penyimpanan Oksigen (TP-03)
Jenis	: <i>sentrifugal, single stage pump</i>
Head	: 104,2699 ft.lbf/lbm
Kapasitas	: 1,4833 m ³ /jam
Bahan	: Carbon steel
Motor	: 220 V AC, 3 fase, 50 Hz, 4,2401 Hp
Jumlah	: 2
Harga	: US\$ 4600 (1 buah)