

RANCANG BANGUN PABRIK GAS HIDROGEN MENGGUNAKAN SISTEM PSA DARI CANGKANG KELAPA SAWIT DENGAN KAPASITAS 949 TON/TAHUN DAN ALAT UTAMA SCRUBBER

David Nasrun (2014510004) **Rancang Bangun Pabrik Gas Hidrogen Menggunakan Sistem Psa Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 949 Ton/Tahun Dan Alat Utama Scrubber**, dibawah asuhan Pembimbing Utama **S.P Abrina Anggraini** Dan Pembimbing Pembantu **Taufik Iskandar**

Abstract

The problem we face today is the limitation of Fossil Fuels that we use as an energy source. Increased demand for energy and depletion of world oil reserves put pressure on every citizen of the world to use renewable energy. The government has issued a regulation of the president of the Republic of Indonesia number 5 of 2005 on national energy policy to develop alternative energy as a substitute for fuel oil.

Hydrogen is the most abundant element on earth but in many H₂ gas compounds it is rarely available in nature. The largest utilization of hydrogen is for the production of ammonia as a raw material for urea fertilizer. It is also used to reduce metal in steel industry,

Planning the establishment of hydrogen gas purification plant with PSA system is in the form of Home Industry with medium scale. This design will be established in West Kalimantan. To assist in the implementation of plant processes and operations, there is a need for auxiliary units that provide and distribute plant needs such as water and electricity. Water supply for factory needs is obtained from PDAM. Process water used for scrubbers, cooling water used for coolers, and sanitary water for office, canteen, mosque and others.

Based on the selection of plant layout process and other considerations, the Pre Design of Hydrogen Plant from Palm Oil Shells with a capacity of 949 tons / year is planned to be built in Sanggau Regency, Pontianak, West Kalimantan in 2018 with a capacity of 949 tons / year. Based on economic analysis, the hydrogen plant is feasible to be established in terms of the following economic aspects: ROIat (%): 47.37%, POT (Year): 15 Months, BEP (%): 33.3%, IRR (%): 41 , 4% Then it can be concluded that Pre Design Hydrogen Plant Build from Palm Oil Shells with a capacity of 949 tons / year worthy to be established.

Keywords: Energy, Hydrogen, Scrubber

Abstrak

Permasalahan yang kita hadapi saat ini adalah keterbatasan akan Bahan Bakar Fosil yang kita gunakan sebagai sumber energy. Peningkatan permintaan akan energy dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia memberikan tekanan kepada setiap penduduk dunia untuk menggunakan energy terbarukan. Pemerintah telah menerbitkan peraturan presiden republik Indonesia nomor 5 tahun 2005 tentang kebijakan energy nasional untuk mengembangkan energy alternative sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Hydrogen merupakan unsur yang paling melimpah di bumi namun dalam banyak senyawa gas H_2 sangat jarang tersedia di alam. Pemanfaatan hydrogen terbesar yaitu untuk produksi ammonia sebagai bahan baku pupuk urea. Selain itu juga digunakan untuk mereduksi logam pada industry baja,

Perencanaan pendirian pabrik pemurnian gas hydrogen dengan system PSA ini berbentuk Home Industry dengan skala sedang. Rancang bangun ini akan didirikan di Kalimantan Barat. Untuk membantu pelaksanaan proses dan operasi pabrik, diperlukan adanya unit pembantu yang menyediakan dan mendistribusikan kebutuhan pabrik seperti air dan listrik. Persediaan air untuk kebutuhan pabrik di peroleh dari PDAM. Air proses yang digunakan untuk scrubber, air pendingin yang digunakan untuk cooler, dan air sanitasi untuk kebutuhan kantor, kantin, masjid dan lain-lain.

Berdasarkan seleksi proses pembuatan tata letak pabrik serta pertimbangan lainnya, maka Pra Rancang Bangun Pabrik Hidrogen dari Cangkang Kelapa sawit dengan kapasitas 949 ton/tahun ini direncanakan di bangun di Kabupaten Sanggau, Pontianak Kalimantan Barat pada tahun 2018 dengan kapasitas 949 ton/tahun. Berdasarkan analisa ekonomi, pabrik hidrogen ini layak untuk didirikan dilihat dari aspek ekonomi berikut: ROIat (%) : 47,37%, POT (Tahun): 15 Bulan, BEP (%) : 33,3%, IRR (%) : 41,4% Maka dapat disimpulkan bahwa Pra Rancang Bangun Pabrik Hidrogen dari Cangkang Kelapa Sawit dengan kapasitas 949 ton/tahun layak didirikan.

Kata Kunci : Energi, Hidrogen, Scrubber

Abstrak

Permasalahan yang kita hadapi saat ini adalah keterbatasan akan Bahan Bakar Fosil yang kita gunakan sebagai sumber energy. Peningkatan permintaan akan energy dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia memberikan tekanan kepada setiap penduduk dunia untuk menggunakan energy terbarukan. Pemerintah telah menerbitkan peraturan presiden republik Indonesia nomor 5 tahun 2005 tentang kebijakan energy nasional untuk mengembangkan energy alternative sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Hydrogen merupakan unsur yang paling melimpah di bumi namun dalam banyak senyawa gas H_2 sangat jarang tersedia di alam. Pemanfaatan hydrogen terbesar yaitu untuk produksi ammonia sebagai bahan baku pupuk urea. Selain itu juga digunakan untuk mereduksi logam pada industry baja,

Perencanaan pendirian pabrik pemurnian gas hydrogen dengan system PSA ini berbentuk Home Industry dengan skala sedang. Rancang bangun ini akan didirikan di Kalimantan Barat. Untuk membantu pelaksanaan proses dan operasi pabrik, diperlukan adanya unit pembantu yang menyediakan dan mendistribusikan kebutuhan pabrik seperti air dan listrik. Persediaan air untuk kebutuhan pabrik di peroleh dari PDAM. Air proses yang digunakan untuk scrubber, air pendingin yang digunakan untuk cooler, dan air sanitasi untuk kebutuhan kantor, kantin, masjid dan lain-lain.

Berdasarkan seleksi proses pembuatan tata letak pabrik serta pertimbangan lainnya, maka Pra Rancang Bangun Pabrik Hidrogen dari Cangkang Kelapa sawit dengan kapasitas 949 ton/tahun ini direncanakan di bangun di Kabupaten Sanggau, Pontianak Kalimantan Barat pada tahun 2018 dengan kapasitas 949 ton/tahun. Berdasarkan analisa ekonomi, pabrik hidrogen ini layak untuk didirikan dilihat dari aspek ekonomi berikut: ROIat (%) : 47,37%, POT (Tahun): 15 Bulan, BEP (%) : 33,3%, IRR (%) : 41,4% Maka dapat disimpulkan bahwa Pra Rancang Bangun Pabrik Hidrogen dari Cangkang Kelapa Sawit dengan kapasitas 949 ton/tahun layak didirikan.

Kata Kunci : Energi, Hidrogen, Scrubber

PENDAHULUAN

Pengembangan sumber energy alternative bertujuan untuk mendapatkan energy baru, usaha yang terus menerus dilakukan dalam rangka mengurangi emisi CO_2 guna mencegah pemanasan global telah mendorong penggunaan energy biomasa sebagai pengganti energy bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara. Bahan bakar biomassa merupakan energy paling

awal yang dimanfaatkan manusia dan dewasa ini menempati urutan keempat sebagai sumber energy yang menyediakan sekitar 14 % kebutuhan energy dunia.(Leni, 2011)

Pertumbuhan kelapa sawit di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal ini terjadi karena adanya peningkatan permintaan atas penyediaan

akan minyak nabati dan biofuel yang bersumber dari CPO (crude palm oil) yang berasal dari kelapa sawit. Kelapa sawit mempunyai potensi minyak sekitar 7 ton/hektar lebih tinggi dibandingkan kedelai yang hanya 2 ton/ hektar. Potensi ini terjadi karena Indonesia memiliki lahan yang luas, kesediaan tenaga kerja, kesesuaian agroklimat. Peningkatan luas perkebunan kelapa sawit telah mendorong tumbuhnya industry pengolahan, diantaranya pabrik minyak kelapa sawit (PMKS) merupakan industry pengolahan yang menghasilkan residu pengolahan berupa limbah.

Menurut Naibaho (1996), pabrik minyak kelapa sawit (PMKS) hanya menghasilkan 25-30 % berupa produk utama CPO dan 5-7 % inti sawit (kernel). Sementara sisanya 70-75 % adalah limbah.

Menurut Norhayati (2006) tandan kelapa sawit (TKKS) berjumlah 23 % dari produksi kelapa sawit segar. Tempurung kelapa sawit (cangkang) 16 %. Limbah cair yang berupa palm oil mill effluent (POME) yang berasal dari air konsidrat pada proses sterillisasi sebesar 15-20 %, air dari proses klarifikasi dan sentrafikasi sebesar 40-50%, dan air dari proses hydrocyclone (claybath) sebesar 9-11 % (Anonim, 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

$$T_{\text{input}} = 150^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{output}} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{air input}} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Rate gas masuk} = 527,22 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Rate air masuk} = 0,1172 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Massa jenis gas} = 0,66 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massa jenis air} = 1000 \text{ g/m}^3$$

$$\text{BM campuran gas} = 180$$

$$\text{BM air} = 18$$

$$\mu \text{ campuran gas} = 0,1635 \text{ cp}$$

$$\mu \text{ air} = 0,9 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O terkondensasi} = 10,8292 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perlengkapan Scrubber terdiri dari :

1. Pengatur suhu untuk mengatur suhu agar tetap pada suhu 60oC (Temperatur Control)
2. Pengatur tekanan untuk mengatur tekanan agar tetap pada tekanan 1 atm (Pressure Control)
3. Pipe Liquit untuk membantu proses pemasukan liquit
4. Bubblecap untuk membantu proses filtrasi pada gas dan pengotornya.

Nozzle-nozzle pada Scrubber

1. Satu nozzle pada tutup atas untuk pengeluaran gas
2. Dua nozzle pada silinder yaitu nozzle pemasukan gas dan pemasukan liquit
3. Satu nozzle pada tutup bawah yaitu untuk pengeluaran liquit

Data : Dari neraca massa

Tahap Perancangan

A. Perancangan Kolom Scrubber

B. Perencanaan nozzle untuk masuk

- Pemasukan gas
- Pemasukan liquid
- Pengeluaran gas
- Pengeluaran liquid

$$= 3,765 \text{ m}$$

C. Perencanaan mekanis

Dipilih 50% cut segmental sieve tray

D. Perencanaan skirt dan pondasi

Jarak antara baffle (Sb) di-trail sampai Vc desain mendekati Vc max

Setelah ditrail didapat

$$Sb = 2,446 \text{ ft}$$

$$= 0,746 \text{ m}$$

Perhitungan

Kondisi operasi :

$$T_{\text{input}} = 150^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{output}} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{air input}} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Rate gas masuk} = 527,22 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Rate air masuk} = 0,1172 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Massa jenis gas} = 0,66 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massa jenis air} = 1000 \text{ g/m}^3$$

$$\text{BM campuran gas} = 180$$

$$\text{BM air} = 18$$

$$\mu \text{ campuran gas} = 0,1635 \text{ cp}$$

$$\mu \text{ air} = 0,9 \text{ cp}$$

$$\text{H}_2\text{O terkondensasi} = 10,8292 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4.1. Perancangan Scrubber

a. Beban kondensasi H₂O (Qc)

$$Q_c = \text{H}_2\text{O terkondensasi} \times \lambda_{\text{H}_2\text{O}} \Big|_{\text{atm}, 150^{\circ}\text{C}}$$

$$\lambda_{\text{H}_2\text{O}} \Big|_{\text{atm}, 150^{\circ}\text{C}} = 2773,83 \text{ KJ/kg}$$

$$Q_c = 30038359,84 \text{ KJ/jam}$$

b. Menghitung beban pendingin sensible gas (Qg)

$$Q_g = Q_t - Q_c \\ = 48881668,95 \text{ KJ/jam}$$

Diameter dalam kolom (Di) di-trail sampai Vw desain mendekati Vw max

Setelah detail didapat :

$$D_i = 12,351 \text{ ft}$$

c. Menghitung laju volume gas per detik

$$G_v = 163,83 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$V_{w\text{-max}} = 0,58 \left[\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g} \right]^{0,5} \\ = 26,33 \text{ ft/s}$$

$$V_{w\text{-desain}} = \frac{G_v}{A_w} = 2,736 \text{ ft/s}$$

$$V_{c\text{-desain}} = \frac{G_v}{A_c} = 5,42 \text{ ft/s}$$

d. Menghitung overall volumetrik heat transfer coefficient (Ua)

$$U_a = C \times G^{0,7} + L^{0,4}$$

Dimana :

C = konstanta yang tergantung dengan jarak antar baffle untuk jarak antar baffle 33 inch, C = 0,16

G = Kecepatan alir massa gas

L = Kecepatan alir massa liquid

Maka :

$$U_a = 0,019 \text{ m}^3/\text{jam.ft}^2$$

e. Menghitung Ua yang dikoreksi (Ua corr)

$$U_a \text{ corr} = \frac{1}{\frac{1}{U_a} \left(\frac{Q_g}{Q_t} \right)} \\ = 0,0292 \text{ m}^3/\text{jam.ft}^2$$

f. Menentukan dimensi kolom

- Volum zona kontak gas dengan liquid

$$\Delta t_m = \frac{T_{\text{gas input}} - T_{\text{liq output}} - (T_{\text{gas output}} - T_{\text{liq input}})}{\ln(T_{\text{gas input}} - T_{\text{liq output}} - (T_{\text{gas output}} - T_{\text{liq input}}))}$$

$$T_{\text{Gas input}} - T_{\text{liq output}} = 150 - 160 = 90^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{Gas output}} - T_{\text{liq input}} = 55 - 28 = 27^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_m = 56,99^{\circ}\text{C}$$

$$V_t = Q_t / U_{\text{achorr}} \times \Delta t_m = 1144,659 \text{ ft}^3$$

- Tinggi zona kontak gas dengan liquid (Z_t)

$$Z_t = V_t / A_t = 9,558 \text{ ft} = 2,918 \text{ m}$$

- Jumlah Sieve (N_s)

$$N_b = Z_t / S_b = 3,909 = 4 \text{ buah}$$

- Tinggi level liquid di dasar scrubber (Z_L)

$$Z_L = V_L \text{ ts} \times (4/\pi D^2)$$

Dimana :

$$V_L =$$

Aliran volumetrik liquid (m^3/min)

$$T_s =$$

Waktu tinggal liquid di atas scrubber (min) = 7 min

$$Z_L =$$

$$0,112 \text{ m}$$

- Jarak antar level liquid dengan gas inlet ($Z_{I,g}$)

$$\text{Ditentukan } Z_{I,g} = 1,5 \text{ m}$$

- Jarak antara gas inlet dengan baffle pertama di dasar scrubber (Z_{GB})

$$\text{Ditentukan } Z_{GB} = 0,9 \text{ m}$$

- Jarak antar liquid inlet dengan baffle pertama di puncak scrubber

$$(Z_{IB})$$

$$\text{Ditentukan } Z_{IB} = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total scrubber } (Z_T)$$

$$Z_T = Z_T + Z_L + Z_{I,g} + Z_{GB} + Z_{IB} = 5,424 \text{ m}$$

- g. Menghitung pressure drop (D_p) gas

$$D_p = 0,186 \left(\frac{\rho_g}{\rho_l}\right) \left(\frac{V_w}{0,7}\right)^2 \times N_b = 0,4987 \text{ in H}_2\text{O} = 4 \text{ psia}$$

4.1.1. Merancang Komponen Scrubber

Kondisi Operasi :

$$\text{Suhu umpan} = 150^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Tekanan umpan} = 1,156781 \text{ atm} = 17 \text{ psia}$$

$$\text{Densitas umpan} = 0,66 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rasio panas spesifik, } K = 1,25$$

$$\text{Pressure drop, } \Delta P = 4 \text{ psi}$$

$$\text{Diameter pipa luar} = 4 \text{ in}$$

Tebal dinding, D_w :

$$= \frac{310+4 \times 12,351}{2(18750 \times 0,85 - 0,6 \times (310+4))} + 1/6 = 2,15 \text{ in}$$

Langkah-langkah perhitungan :

- a. Rasio tekanan kritik

$$r_p = \left(\frac{2}{1+k}\right)^{k/k-1} = 0,555$$

Untuk laju alir kritik

$$F_c = \frac{P - \Delta P}{P} = (17 - 4)/17$$

$$= 0.765$$

Terlihat bahwa $F_c \geq r_p$

- b. Perhitungan diameter dalam Luar Scrubber

$$\begin{aligned} D_o &= D_i + 2D_w \\ &= 3,765 + 2(0,05461) \\ &= 3,87 \text{ m} \end{aligned}$$

- c. Sieve Tray

Data : James R, couper (et.al) - 2nd .ed hal 456

$$\begin{aligned} W_v &= 929,71 \text{ lb/jam} \\ Q_v &= 27,52 \\ W_L &= 1202,100 \text{ lb/jam} \\ Q_L &= 11100 \text{ gpm} \\ \rho_v &= 1,455 \text{ lb/ft}^3 \\ \rho_L &= 29,3 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Diameter Sieve tray :

$$D_s = \sqrt{Q_v \frac{\pi}{4} UG}$$

$$\text{Absis} = \frac{1201,100}{929,71}$$

$$\frac{1,455}{29,3} = 0,2878$$

$$\text{Ordinat C} = 0,24$$

$$UG = C \sqrt{\rho_L \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_L}\right)}$$

$$=$$

$$0,24 \sqrt{29,3 - \frac{1,455}{1,455}} = 1,0499 \text{ lb/ft}^3$$

Dijinkan kecepatan aliran 80%

$$\begin{aligned} UG &= 0,8 \times 1,0499 \\ &= 0,8399 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$D_s = \sqrt{27,52 \frac{3,14}{4} 0,8399}$$

$$= 4,26 \text{ ft}$$

James R, couper (et.al) -2nd .ed Hal 453

$$\text{Sise Hole} = 0,5 \text{ in}$$

$$\text{Luas area seberang} = 10\% Z_h$$

- d. Weir dan valve

$$\begin{aligned} \text{Dumping} &= 6,5 \text{ in} \\ \text{James R, couper (et.al) -2}^{\text{nd}} \text{ .ed Fig 13.32, hal 456} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi weir} &= 2 \text{ in} \\ \text{Panjang} &= 75\% D_r \\ &= 75\% \times 4,23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{ft} \\ &= 2,59 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Caps} = 0,1 \text{ in}$$

$$\text{Floor} = 0,32 \text{ in}$$

$$\text{Diameter libang} = 1.5 \text{ in}$$

$$\text{Jarak diameter} = 3 \text{ in}$$

Dari figure 9-2D Ludwig dan tabel 14-7b Perry, untuk tower silinder standard, dari data-data di atas di peroleh :

Menentukan tinggi tutup atas dan bawah berbentuk standard dishead ($h_a = h_b$ dan $t_{hb} = t_{ha}$).

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tutup} &= 0,169 \times \text{ID} \\ &= 0,169 \times 12,351 \text{ ft} \\ &= 25,047 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan tabel tutup atas (t_{ha})

$$t_{ha} = \frac{0,885 \times \pi \times r}{F \times E - 0,1 \pi} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 130,763 \times 7,5}{15200 \times 0,85 - 0,1 \times 130,763} + \frac{1}{16}$$

$$= \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$t_{hb} = t_{ha} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

4.2. Perhitungan Nozzle

4.2.1. Perencanaan :

➤ Nozzle pada tutup bawah standard dishead

- Nozzle untuk pemasukan gas
- Nozzle untuk pengeluaran liquid

- Nozzle pada tutup atas standart dishead
 - Nozzle untuk pemasukan air
 - Nozzle untuk pengeluaran gas produk
- Digunakan flange standard tipe welding neck pada :
 - Nozzle untuk pemasukan gas masuk
 - Nozzle untuk pengeluaran liquid
 - Nozzle untuk pengeluaran gas produk

4.2.2. Dasar Perhitungan

Nozzle pada tutup bawah standard dishead

a. Nozzle pemasukan gas

Rate gas masuk = 527, 22 kg/jam

Densitas produk = 0,98 kg/m³

Perhitungan

Rate volumetrik (Q) = 276, 5734 m³/jam
= 2,72 ft³/s

$\rho_{\text{gas}} = 0,628 \text{ kg/m}^3 = 0,039 \text{ lb/ft}^3$

$Di_{\text{opt gas}}^{0,13} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho_{\text{gas}}$

$= 3,9 \times 2,72^{0,45} \times 0,039^{0,13}$

= 4 in

Dari Geankoplis, App.A.5 hal 892, maka dipilih pipa 4 in SCH 40 dengan ukuran :

ID = 4,026

OD = 4,5 in

A = 0,0884 ft³

Flange digunakan tipe standard 150 lb forged slip on flanges (168), (Brownell and Young, hal. 222)

1. Ukuran nominal pipa (NPS) = 4 in
2. Do flange (A) = 9 in
3. Ketebalan flange (T) = $1 \frac{5}{16}$ in
4. Do dari pembesaran permukaan (R) = $6 \frac{6}{13}$ in
5. D pusat dari dasar (E) = $5 \frac{5}{16}$ in
6. Diameter dalam flange (B) = 4,03 in
7. Panjang (L) = 3 in
8. Diameter hub. Pada titik pengelasan K = 4,5 in
9. Jumlah lubang baut = 8 lubang
10. Diameter lubang = $\frac{3}{4}$ in
11. Diameter baut = $\frac{5}{8}$ in

b. Nozzle pengeluaran liquid

Rate liquid = (Rate air + Rate gas impurities)

Rate gas impurities = 7,2462 m³/jam = 0,071 ft³/s

Rate air = 0,117196 m³/jam = 4,139 ft³/s

Densitas gas impurities = 0,628 kg/m³ = 0,039 lb/ft³

Densitas air = 0,98 kg/m³ = 0,06 lb/ft³

Perhitungan :

Dari Peter & Timmerhausse fig 14.2 Hal 498, di dapatkan di optimum:

$Di_{\text{opt}} = 3,9 \left((Q_g)^{0,45} (\rho_g)^{0,13} + (Q_l)^{0,45} (\rho_l)^{0,13} \right)$

$$= 3,9 ((7,2462)^{0,45} (0,039)^{0,13} + (4,139)^{0,45} (0,06)^{0,13})$$

$$= 1,64 \text{ in dibulatkan} = 2 \text{ in}$$

Dari Geankoplis, APP A.5 hal 892, maka dipilih pipa 2 in IPS Sch. 40 dengan ukuran:

$$\text{ID} = 2,067 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 2,375 \text{ in}$$

$$A = 0,023 \text{ ft}^2$$

Dari Brownell & Young tabel 12-3 di dapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Ukuran pipa (NPS)} \\ &= 2 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter flange (A)} \\ &= 6 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketebalan flange minimum (T)} \\ &= \frac{3}{4} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(R) Diameter luar bagian yang menonjol} \\ &= 3 \frac{5}{8} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter hub pada dasar (E)} \\ &= 3 \frac{1}{6} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(K) Diameter hub pada titik pengelasan} \\ &= 2,38 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang julakan hub (L)} \\ &= 2 \frac{1}{2} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter dalam flange (B)} \\ &= 2,07 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang baut} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter baut} \\ &= \frac{5}{8} \end{aligned}$$

c. Nozzle pemasukan air

$$\text{Rate air} = 0,117196 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,001149 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\text{Densitas air} = 0,98 \text{ kg/m}^3 = 0,06 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungan :

Dari Peter & Timmerhausse fig 14.2 hal 498, di dapatkan Di Optimum:

$$\begin{aligned} \text{Di opt} &= 3,9 (Q)^{0,45} (Q)^{0,13} \\ &= 3,9 (4,139)^{0,45} (0,06)^{0,13} \\ &= 1,5 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, APP A.5 hal 892, maka dipilih pipa 1 in IPS Sch. 40 dengan ukuran:

Dari Brownell & Young, table 12-3 di dapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Ukuran pipa nominal (NPS)} \\ &= 1 \frac{1}{2} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter flange (A)} \\ &= 5 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketebalan flange minimum (T)} &= 1 \\ &\frac{1}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter bagian luar yang menonjol (R)} \\ &= 2 \frac{7}{8} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter hub pada dasar (E)} \\ &= 2 \frac{9}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter hub pada titik pengelasan (K)} \\ &= 1,90 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang julakan hub (L)} \\ &= 2 \frac{7}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter dalam flange (B)} \\ &= 1,61 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang baut} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter baut} \\ &= \frac{5}{8} \end{aligned}$$

d. Nozzle untuk pengeluaran gas produk

$$\text{Rate gas keluar} = 269,21 \text{ m}^3/\text{jam} = 2,64 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\rho_{\text{gas}} = 0,628 \text{ kg/m}^3 = 0,039 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungan

$$\begin{aligned} Di_{\text{opt}} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho_{\text{gas}})^{0,13} \\ &= 3,9 \times (2,64)^{0,45} \times (0,039)^{0,13} \\ &= 3,95 \text{ in} = 4 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari Geankoplis, App. A.5 hal 892, maka dipilih pipa 4 in SCH 40 dengan ukuran :

$$ID = 4,026 \text{ in}$$

$$OD = 4,5 \text{ in}$$

$$A = 0,0884 \text{ ft}^2$$

Flange digunakan tipe standard 150 lb forged slip on flanges (168), (Brownell and Young, hal. 222)

1. Ukuran nominal pipa (NPS) = 4 in
2. Do flange (A) = 9 in
3. Ketebalan flange (T) = $1 \frac{5}{16}$ in
4. Do dari pembesaran permukaan (R) = $6 \frac{6}{13}$
5. D pusat dari dasar (E) = $5 \frac{5}{16}$
6. Diameter dalam flange (B) = 4,03 in
7. Panjang (L) = 3 in
8. Diameter hub. Pada titik pengelasan K = 4,5 in
9. Jumlah lubang baut = 8 lubang
10. Diameter lubang = $\frac{3}{4}$ in
11. Diameter baut = $\frac{5}{8}$ in

Dari Brownell & Young tabel 12.2 hal 221 diperoleh dimensi flange untuk semua

nozzle, dipilih flange standard tipe welding nec dengan dimensi nozzle sebagai berikut:

Nozzle A = Nozzle untuk pemasukan gas

Nozzle B = Nozzle untuk pengeluaran liquid

Nozzle C = Nozzle untuk pemasukan air

Nozzle D = Nozzle untuk pengeluaran produk

NPS = Ukuran pipa nominal, in

A = Diameter luar flange, in

T = Ketebalan flange minimum, in

R = Diameter bagian luar yang menonjol, in

E = Diameter hubungan atas, in

K = Diameter hubungan pada titik pengelasan, in

L = Panjang julakan, in

B = Diameter dalam flange, in

4.3. Perancangan Gasket

4.3.1. Sambungan Antar Tutup dengan Shell.

Untuk mempermudah pemeliharaan dan perbaikan dari kolom absorpsi maka tutup menara dihubungkan dengan bagian shell dengan menggunakan sistem flange dan bolting.

1. Flange : High alloy Steel SA-336 Grade F8 Type 304

Tensile stress min : 75.000

Allowable :
18.750

Type flange : Ring
flange loose Type

2. Bolting : High alloy Steel SA-193 Grade B8 Type 321

Tensile stress min :
75.000

Allowable stress :
15.000

3. Gasket :
Asbestos with suitable binder

Gasket faktor (m) : 2,75 y
= 3700 (Brown & Young fig. 12.11 hal 228)

Diameter rata-rata gasket (G) = ID + lebar gasket

16,25 + 0,18

16,43 in

B. Perhitungan jumlah dan ukuran baut

a. Perhitungan beban baut

Beban agar gasket tidak bocor (H_Y)
 $Wm_2 = hy = b \times \mu \times G \times y$ (Brown & Young pers 12 88 hal 240)

Didapat lebar setting gasket bawah:

$$BO = N/2 = \frac{1/4}{2} = 0,125 \text{ in}$$

Efektivitas gfasket untuk : $b < \frac{1}{4}$ maka

$$B = bo = 0,125 \text{ in}$$

Sehingga:

$$Hy = Wm_2 = 0,125 \times 3,14 \times 16,43 \times 3700$$

$$= 23860,4675 \text{ lb}$$

Beban tanpa tekan (H_p)

$$Hp = 2 \times b \times \mu \times G \times mxp \text{ (B \& Y pers. 12.90 hal 20)}$$

$$= 2 \times 0,125 \times 3,14 \times 16,43 \times 2,75 \times 145,463$$

$$= 5159,32$$

Beban baut karena internal pressure (H)

$$H = \frac{3,14 \times G^2 \times \rho}{4} \text{ (Brown \& Young per. 12.89 hal 240)}$$

$$= \frac{3,14 \times 16,623^2 \times 145,63}{4}$$

$$= 28524,05 \text{ lb}$$

4.3.2. Perencanaan Gasket

A. Menentukan lebar gasket

$$\frac{do}{di} = \frac{y - pm}{y - p(m+1)} \text{ (B \& Y per 12.2 hal 226)}$$

$$\frac{3700 - (145,463 \times 2,75)}{3700 - 145,463(2,75 + 1)}$$

$$1,023$$

$$\text{ID Gasket shell} = 16,25 \text{ in} = \text{OD}$$

$$\text{DO Gasket} = 1,023 \times 16,25 = 16,623$$

$$\text{Lebar gasket minimum} = \frac{16,635 - 16,25}{2} = 0,18$$

Jadi total berat pada kondisi operasi :

$$W_{m_1} = H + HP$$

$$= 28524,05 \text{ lb} + 5159,32 \text{ lb}$$

$$= 48750,04 \text{ lb}$$

Karena $W_{m_1} > W_{m_2}$ maka yang memegang kontrol W_{m_1}

- Perhitungan luas bolting minimum area

Dari persamaan 12-92 Brownl & Young, hal 240:

$$A_m = \frac{Wml}{fb} = \frac{48750,04}{15000}$$

$$= 3,25 \text{ in}^2$$

- Perhitungan bolt minimum

Dari tabel 10.4 Brownl & Young, hal 188 dicoba:

Ukuran baut : 1 in
Root area : 0,55 in²

Maka jumlah bolting minimum :

$$= \frac{A_m}{\text{rootarea}} = \frac{3,25}{0,55}$$

$$= 5,9 \text{ baut} =$$

6 baut

Dari tabel 10.4 Brownl & Young, hal 188 didapat:

Bolt spacing : 3 in
Minimum radial distance : 1 3/8 in
Edge distance : 1 1/16 in

Bolting cyrcle diameter (C) : ID shell + 2 (1,4159 x go x R)

Dengan go shell - 3/6 in = tebal

C = 19,28 in

$$\frac{n \times Bs}{3,14} = \frac{4 \times 3}{3,14} = 3,821 < 4 \text{ (memenuhi)}$$

OD = C + 2E = 19,28 + 2 x 1 1/16

21,405

Cek lebar gasket :

Ab actual jumlah bolt x root area = 4 x

$$0,55 = 2,2 \text{ in}^2$$

Lebar gasket minimum = $\frac{Abactual \times F}{2 \times \mu \times Y \times G}$

$$= \frac{2,2 \times 15000}{2 \times 3,14 \times 3700 \times 15,805}$$

0,0898 > 0,0625 (memenuhi)

Jadi lebar gasket = 3,16 in

- Perhitungan momen

Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

W = (Ab + Am) x F (Brownl dan Young pers 12.92 hal 242)

$$= \frac{2,2+2,06 \times 15000}{2}$$

$$= 341,05 \text{ lb}$$

Jarak radial dari beban gasket terhadap bolt cicle (Hg)

$$H_g = \frac{C-G}{2} = \frac{19,28-15,805}{2} = 1,738$$

Momen flange (Ma):

$$M_a = H_g \times w = 1,738 \times 34105,5 = 59275,36 \text{ lb in}$$

Dalam keadaan operasi

$$W = W_{m_1} = \text{lb}$$

Momen dan force daerah dalam flange (Hd)

$$H_d = 0,785 \times B^2 \times p \quad (\text{Brownl \& Young pers 12.96 hal 242})$$

Dimana:

$$B : \text{diameter luar shell} = 16,25 \text{ in}$$

$$P : \text{tekanan operasi} = 145,463$$

$$H_d : 0,785 \times 16,25^2 \times 145,463 = 26.232,24 \text{ lb}$$

Radial bolt cycle pada aksi Hd :

$$H_d = \frac{C-B}{2} = \frac{19,28-16}{2} = 16,25$$

Moment Hd :

$$M_d = h_d \times H_d \quad (\text{Brownl \& Young pers 12.98 hal 242}) = 1,64 \times 26.232,24 = 47.490,88 \text{ lb in}$$

$$H_g = W - H = 34105,5 \text{ lb} - 28524,05 \text{ lb} = 5581,45 \text{ lb}$$

$$M_g = H_g \times h_g$$

$$= 5581,44 \text{ lb} - 28254,05$$

$$= 5581,45 \text{ lb}$$

$$H_t = H - H_d$$

$$= 28524,05 \text{ lb} - 26232,24 \text{ lb}$$

$$= 2291,81 \text{ lb}$$

$$h_t = \frac{h_d + H_g}{2} = \frac{1,64 + 1,738}{2} = 1,689 \text{ in}$$

Moment (Mt)

$$(M_t) = H_t \times h_t = 2291,81 \times 1,689 \text{ in}$$

$$= 3870,87 \text{ in}$$

Moment total pada keadaan operasi :

$$M_o = M_d + M_g + M_t = 47940,88 + 9700,561 + 3870,87 = 61512,31 \text{ in}$$

Karena $M_o \gg M_a$, maka $M_{max} = M_o = \text{lb in}$

• Perhitungan tebal flange

$$T = \frac{Y \times M_{max}}{f \times b}$$

$$\text{Dimana} = k = A/B$$

$$A = \text{diameter lubang flange} = 21,405 \text{ in}$$

$$B = \text{diameter luar shell} = 16,25 \text{ in}$$

$$\text{Maka} = \frac{21,405}{16,25 \text{ in}} = 1,34$$

Dari Brownl & Young figg. 22 hal 238.

Dengan $K = 1,34$ didapat harga
 $Y = 6,5$

Sehingga tebal flange :

$$T = \frac{6,5 \times 61512,31}{15000 \times 16} = 1,67 \text{ in} = 1,67$$

4.4. Perhitungan penyangga

Penyangga dirancang untuk menahan beban kolom scrubber dan perlengkapannya. Beban-beban yang ditahan oleh penyangga terdiri dari :

- a. Berat bagian shell
 - Berat kolom dan berat tutup
- b. Berat kelengkapan bagian dalam
 - Berat down comer dan berat tray
- c. Berat kelengkapan bagian luar
 - Berat larutan
 - Berat pipa
 - Berat isolasi
 - Berat attachment seperti nozzle, valve dan alat control

Berat beban yang harus ditahan penyangga

a. Berat kolom

Tebal kolom : $3/16 \text{ in}$
 $= 0,625 \text{ in} = 0,016 \text{ ft}$
 Tinggi kolom : $17,79 \text{ ft}$
 $= 213 \text{ in}$
 Keliling kolom : $3,14 \times \text{tebal shell}$
 $= 3,14 \times 3/16 \text{ in} = 0,5887 \text{ in} = 0,05 \text{ ft}$
 Luas kolom : $119,749 \text{ ft}^2$
 Volume kolom : luas x tinggi
 $= 119,749 \times 213 \text{ ft}$
 $= 25347 \text{ ft}^3 = 717 \text{ m}^3$
 ρ kolom : 490 lb/ft^3 (Perry 6th tabel 3-11 hal 3-95)
 berat kolom (Ws) : volume x ρ kolom

$$: 25347 \text{ ft}^3 \times 490 \text{ lb/ft}^3 = 12420030 \text{ lb} = 5633630,84 \text{ kg}$$

b. Berat tutup

$$D = d_o + \frac{d_o}{42} + (2 \times sf) - 2/3 \times icr$$

Dari tabel 5.11 Brownel & Young didapat :

$$D_o = 12,351 \text{ icr} = 1, sf = 2$$

$$D = 12,351 + \left[\frac{12,351}{42} \right] + (2 \times 2) - 2/3 \times 1$$

$$D = 15,97 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \pi/4 \times d \times \text{tebal tutup} \\ &= 0,785 \times (15,97) \times 3/16 \\ &= 2,35 \text{ ft}^3 = 0,067 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tutup total (Wtu)} &: \text{Volume tutup} \times \rho \times 2 \\ &= 2,35 \times 490 \times 2 \\ &= 2303 \text{ lb} = 1044,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Berat down comer

Dipakai dasar perhitungan dengan down comer tanpa lubang aliran uap.

$$\begin{aligned} \text{ID down comer} &= 16/12 \text{ ft} \\ \text{Luas down comer} &= \frac{1}{4} \times \text{ID}^2 \\ &= 0,78 \times (16/12)^2 \\ &= 1,395 \text{ ft}^2 = 0,1296 \text{ m}^2 \\ \text{Volume} &= \text{luas} \times \text{tebal} \\ &= 1,395 \times 0,1875 \\ &= 0,262 \text{ ft}^3 = 0,00742 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\text{Berat sat plate} &= \\
&\text{volume} \times \rho &= \\
&0,262 \times 490 &= \\
&128,22 \text{ lb} = 58,1596 \text{ kg} &= \\
&\text{Berat keseluruhan (wd)} &= \\
&\text{jumlah} \times \text{berat satu plate} &= 8 \times \\
&128,22 &= \\
&1025,76 \text{ lb} = 465,28 \text{ kg} &=
\end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
&\text{WL} &= &\text{Berat} \\
&\text{larutan dalam scrubber} &= &276,5734 \\
&\text{m}^3/\text{jam} &= &1 \\
&\text{T} &= &1 \\
&\text{jam} &= &276,5734 \\
&\text{WL} &= &276,5734 \\
&\text{m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} &= & \\
&276,5734 \text{ m}^3 &= & \\
&276,5734 \text{ kg} &= &
\end{aligned}$$

d. Berat tray

$$\begin{aligned}
&\text{Ditetapkan berat tiap tray} &= &25 \\
&\text{lb}/\text{ft}^3 &= & \\
&\text{Luas tray} &= &A_c - \\
&A_o &= & \\
&0,986 \text{ ft}^2 - 0,8108 \text{ ft}^2 &= & \\
&0,1752 \text{ ft}^2 = 0,0163 \text{ m}^2 &= & \\
&\text{Jumlah tray} &= &8 \text{ buah} \\
&\text{Berat tray (Wtr)} &= &n \times \\
&\text{luas tray} \times \text{berat tray} &= &8 \times \\
&0,1753 \times 25 &= & \\
&35,04 \text{ lb} = 15,894 \text{ kg} &= &
\end{aligned}$$

Penyangga tray yang digunakan equal angles

$$\begin{aligned}
&\text{Ukuran} &= &1 \frac{1}{2} \\
&\text{in} \times 1 \frac{1}{2} \text{ in} \times \frac{1}{4} \text{ in} &= &2,34 \\
&\text{Berat} &= &2,34 \\
&\text{lb}/\text{ft} &= & \\
&W_{pt} &= &(2,34 \\
&\times 8 \times 1,5)/12 &= &2,34 \\
&\text{lb} = 1,06 \text{ kg} &= &
\end{aligned}$$

e. Berat larutan

$$\begin{aligned}
&Wl &= &m \times \\
&t &= &
\end{aligned}$$

f. Berat pipa

Pipa yang ada telah mencakup untuk feed masuk scrubber, scrubber masuk, bottom produk, dan top produk.

$$\begin{aligned}
&\text{Ditetapkan} &= &4 \times \\
&\text{tinggi kolom scrubber} &= &4 \times \\
&5,424 &= & \\
&21,696 \text{ m} &= &
\end{aligned}$$

Diambil rata-rata pipa 3 in sch 40 berat 7,58 lb/ft = 11,47 kg/m

$$\begin{aligned}
&\text{Berat pipa (Wp)} &= & \\
&21,696 \text{ m} \times 11,47 \text{ kg}/\text{m} &= & \\
&248,85 \text{ kg} &= &
\end{aligned}$$

g. Berat isolasi

$$\begin{aligned}
&\rho \text{ bahan} &= &0,6 \\
&\text{lb}/\text{ft}^3 &= &
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\text{Tebal isolasi} &= &3 - 6 \\
&\text{in diambil } 6 \text{ in} = 0,5 \text{ ft} &= &
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isolasi} &= \pi/4 \\ \text{x OD kolom x ts x t isolasi x } \rho \text{ isolasi} & \\ &= \\ 0,785 \text{ x (16/12) x (3/16) x 0,5 x 40} & \\ &= \\ 2,925 \text{ lb} &= 1,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat control

$$\begin{aligned} W_a &= 18\% \\ \text{WS (Brownl \& Young hal 157)} & \\ &= 18\% \\ \text{x 5633630,84 kg} & \end{aligned}$$

Jadi berat total yang harus ditopang penyangga:

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_s \\ &+ W_{tu} + W_d + W_{pt} + W_l + W_p + W_i \\ &+ W_a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \\ 5633630,84 + 1044,62 + 465,28 + 1,06 \\ &+ 276,573 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 248,85 + 1,33 + 1014053,55 & \\ &= \\ 6649722,103 \text{ kg} & \end{aligned}$$

4.5. Perencanaan skirt support

Sistem penyangga yang digunakan adalah skirt support

$$\text{Tinggi support} = \frac{1}{2} L + 2,5 \text{ ft}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} L : \text{Tinggi tangki scrubber} &= \text{tinggi shell} \\ &= 17,79 \text{ ft} \\ &= 213,56 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi support} &= \frac{1}{2} (17,79) \\ &+ 2,5 \text{ ft} \\ &= 11,395 \text{ ft} \\ &= 3,47 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan tebal skirt

- Stress karena angin

$$F_{wb} = \frac{15,89 \frac{D_o + D_i}{2} x H^2}{D_o^2 x t}$$

$$H = \text{tinggi karena skirt ke top kolom}$$

$$\begin{aligned} &= 10 + \\ (1/2)(15) & \\ &= 17,5 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$F_{wb} = \frac{15,89 \frac{13,356 + 12,351}{2} x 17,5^2}{13,356^2 x t} = \frac{532,82}{t}$$

- Stress dead weight

$$- F_{db} = \frac{W}{\pi \cdot d_o \cdot t}$$

$$= \frac{6649722,103}{3,14 x 13,356 x t} = \frac{28284614,14}{t}$$

- Stress kompresi maksimum

$$F_{c_{\max}} = 0,125 E (t/d_o) \cos \alpha$$

$$\text{Dimana : } E = \text{concrete} = 2.10^6 \text{ psi (Brownell \& Young hal 183)}$$

$$F_{c_{\max}} = 0,125 x 2.10^6 (t/90)$$

$$= 2777,7 \text{ t}$$

$$F_{c_{\max}} = f_{wb} + f_{wd}$$

$$\begin{aligned} \frac{2777,7 \text{ t}}{352,3/\text{t}} &= 287/\text{t} + \\ &= \frac{639,3}{2777,7} = \\ &0,47 \end{aligned}$$

Jadi tebal skirt yang digunakan = 4

4.6. Dimensi pondasi

Pondasi terdiri dari beban dengan kandungan air 6 US gal per 94 sack semen

(B & Y tabel 10.1 hal 184)

Beban total yang harus ditahan pondasi :

- Berat bejana total
- Berat kolom penyangga
- Berat base plate

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap sebagai gaya vertikal berat total kolom, sedangkan bidang kerja dianggap bujur sangkar dengan perencanaan ukuran :

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk pondasi} &: \text{ luas} \\ \text{pondasi atas} & \\ &= 30 \times \\ &30 \\ &= 900 \\ &\text{in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk dasar pondasi} &: \text{ luas} \\ \text{pondasi bawah} & \\ &= 48 \times \\ &48 \\ &= 2304 \\ &\text{in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi pondasi} &: 30 \text{ in} = \\ &0,762 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas rata-rata (A)} &: \frac{1}{2} \\ (242 + 242) &= 1440 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pondasi (Vp)} &: A \times t \\ &= 1440 \times 30 = 43200 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas untuk gravel} &: 126 \\ \text{lb/ft}^3 \text{ (Perry 6th tabel 3 - 118)} & \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} W \text{ pondasi} &= V \times \\ \rho & \end{aligned}$$

$$= 43200 \times 126 \text{ lb/ft}^3 \times 5.787.10^{-4} \text{ ft/in}^3$$

$$= 3149,98 \text{ lb} = 1428,805 \text{ kg}$$

Berat total keseluruhan :

$$\begin{aligned} W \text{ total} &= \\ 1428,805 + 6649722 \text{ kg} & \end{aligned}$$

$$= 6651150,908 \text{ kg}$$

• Tekanan tanah

Pondasi didirikan di atas sand & gravel dengan minimum safe bearing power

$$= 5 \text{ ton/ft}^3 \text{ dan maksimal safe} = 10 \text{ ton/ft}^3. \text{ Diambil } 5 \text{ ton/ft}^3.$$

Kemampuan tanah menahan tekanan sesbesar :

$$\begin{aligned} P &= 8 \text{ ton/ft}^3 \times \frac{6651150,908}{1 \text{ ton}} \times \\ \frac{1 \text{ ft}}{1440 \text{ in}^2} &= 23094,274 \text{ kg/in}^3 \end{aligned}$$

Tekanan sistem pondasi terhadap tekanan luas tanah (P) :

$$\begin{aligned} P &= \frac{W \text{ total}}{A} = \frac{6651150,908}{1440 \text{ in}^2} \\ &= 4618,8548 \text{ kg/in}^2 \lll 23094,274 \text{ kg/in}^2 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

4.7. Spesifikasi Scrubber

Spesifikasi kolom Scrubber :

1. Dimensi shell	
ID	= 3,765 m
OD	= 3,87 m
Tinggi shell	= 17,79 ft = 5,424 m
Tebal shell	= 2,15 in
Total baffle	= 4 buah
Bahan konstruksi	= HAS SA – 286 Grade M type 410
5. Tutup atas dan tutup bawah	
Tinggi	= 25,047 in
Tebal	= 3/16 in
Bahan konstruksi	= HAS SA – 286 Grade M type 410
6. Nozzle gas masuk	
Ukuran nominal pipa (NPS)	= 2 in
Do flange (A)	= 32 in
Ketebalan flange (I)	= 1 7/8 in

Do dari pembesaran permukaan (R) = 27 1/4

D pusat dari dasar (E) = 26 1/6 in

Diameter hub pada titik pengelasan (K) = 1,56 in

Panjang (L) = 3 1/4 in

Jumlah lubang baut = 20 lubang

Diameter lubang = 1 3/8 in

Diameter baut = 1 1/4

7. Nozzle pengeluaran air

Ukuran pipa nominal (NPS) = 1/2 in

Diameter flange (A) = 3 1/2 in

Ketebalan flange minimum = 7/16 in (I)

Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 1 3/8 in

Diameter hub pada dasar (E) = 3 3/6 in

Diameter hub pada titik pengelasan (K) = 0,84 in

Panjang julukan hub (L) = 1 7/8 in

Diameter dalam flange (B) = 0,62 in

Jumlah lubang baut = 4 buah

Diameter baut = 5/8

8. Nozzle pemasukan air :	Panjang julakan hub (L) = 2 3/16 in
Ukuran pipa nomina (NPS) = 1,25	Diameter dalam flange (B) = 1,005 in
Diameter flange (A) = 4 5/8	Jumlah lubang baut = 4 buah
(T) Ketebalan flange minimum = 5/8	Diameter baut = 4/8
Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 2 1/2	10. Leg support
Diameter hub pada dasar (E) = 2 5/16	Jenis ukuran : I-beam
Diameter hub pada titik pengelasan (K) = 1,66	Ukuran penyangga : 10 x 4 5/8 in
Panjang julakan hub (L) = 2 1/4	Wight per foot (W) : 32 lb
Diameter dalam flange (B) = 1,38	Area of section (A) : 10,22 in ²
Jumlah lubang baut = 4 buah	Depth of beam (h) : 10 in
Diameter baut = 1/2	Width of flange (b) : 4,944 in
9. Nozzle pengeluaran produk gas :	Axis K_{y-y} (R) : 3,78 in
Ukuran pipa nomina (NPS) = 1 in	Jumlah : 4 buah
Diameter flange (A) = 4 1/4 in	
(T) Ketebalan flange minimum = 9/16 in	
Diameter luar bagian yang menonjol (R) = 2 in	
Diameter hub pada dasar (E) = 1 15/16 in	
Diameter hub pada titik pengelasan (K) = 1,32 in	

11. Flange

Bahan :

Carbon steel SA-283 grade C

Tensile strength minimum :

55.000 Psia

Allowable :

12.650 Psia

Tebal :

7,015 in

Diameter luar (DO) :

138,925 in

Type flange : Ring

Flange loose type

12. Base Plate

Bahan :

Cement sand & gravel

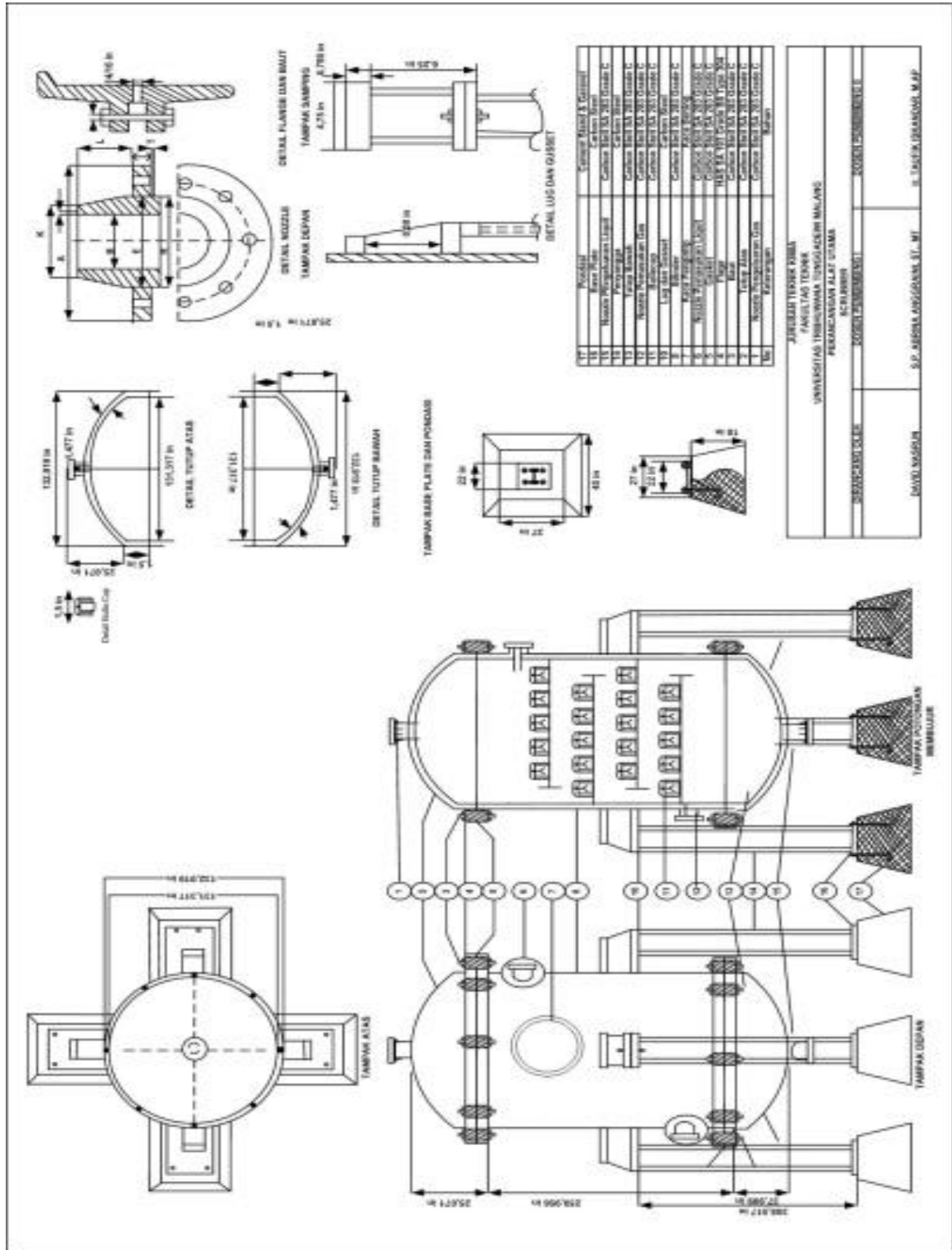
Ukuran atas : 27 x

27 in

Ukuran bawah : 45 x 45 in

Tinggi pondasi : 10 in

A. GAMBAR ALAT UTAMA



D. KESIMPULAN

Berdasarkan seleksi proses pembuatan tata letak pabrik serta pertimbangan lainnya, maka Pra Rancang Bangun Pabrik Hidrogen dari Cangkang Kelapa sawit dengan kapasitas 949 ton/tahun ini direncanakan di bangun di Kabupaten Sanggau, Pontianak Kalimantan Barat pada tahun 2018 dengan kapasitas 949 ton/tahun dengan memperhatikan beberapa aspek berikut:

Tinjauan Segi Teknik

Bila ditinjau dari segi teknik proses hidrogen ini mempunyai kadar proses sesuai yang dipasarkan.

Pedoman pemilihan lokasi pabrik berdasarkan pada:

- Dekat dengan bahan baku
- Dekat dengan daerah pemasaran
- Persediaan air yang memadai
- Tenaga kerja yang cukup tersedia
- Persediaan listrik dan air yang memadai
- Tersedianya sarana transportasi yang memadai

Tinjauan Segi Ekonomi

Berdasarkan hasil analisa ekonomi, industri ini layak untuk didirikan berdasarkan dari aspek ekonomi berikut:

Metoda analisa	Hasil	Keterangan
ROIat (%)	47,37%	Seluruh metode sudah masuk syarat kelayakan
POT (tahun)	1,5	
BEP (%)	33,3	
IRR (%)	41,4	

H. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengkajian dan Penerapan Energi. 2014. "Outlook Energy Indonesia 2014". (www.bppt.go.id/teknologi-informasienergi-dan-material/2069/.../pdf) [online] diakses 28 januari 2016)
- BPS. 2014. "Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015 Karet Rubber". (http://ditjenbun.pertanian.go.id/Karet_2013-2015.pdf) [online] diakses 15 april 2016
- Sari, Ellyta., dkk. 2015. "Peningkatan Kualitas Biobriket Kulit Durian Dari Segi Campuran Biomassa, Bentuk fisik, Kuat Tekan Dan Lama Penyalaan". (<http://publikasiilmiah.uns.ac.id/pdf>) [online] diakses 28 januari 2016)
- Selpiana, dkk. 2014. "Pengaruh temperatur dan komposisi pada pembuatan biobriket dari cangkang biji karet dan plastik polietilen". (http://eprints.unsri.ac.id/selpiana_AVoER_v/..pdf) [online] diakses 28 Januari 2016)