

PERANCANGAN PIG LAUNCHER MINAS TANK FARM MENUJU NBS PADA WILAYAH KERJA ROKAN

Mukhammad Fauroq Zamroni^{1*}, Mohammad Miftachul Munir², Mahasin Maulana Ahmad³

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*3}

Program studi D4 Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Email: fauroqzamroni09@student.ppns.ac.id^{1*}; m.munir@ppns.ac.id^{2*}; mahasinmaulana@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - One of the oil and gas companies aims to replace the existing pipe network in the Rokan work area because the service life has almost exceeded the design life so it must be replaced with a new design. Due to the change in the new pipeline network, a pigging system is also needed as a pipeline maintenance and maintenance process with the tool used to support the pigging process is a pig launcher, in this network system the pig launcher is located at the Minas Tank Farm terminal. In the design of the pig launcher, which refers to the ASME VIII Division I standard, the minimum thickness and MAWP are 0.332 inch and 1307.21 psi major barrel, 0.298 inch and 1396.06 psi minor barrel shell, 0.338 inch and 1168.35 psi cone section with values MAEP on the pig launcher is 573.18 psi for the major barrel, 622.48 psi for the minor barrel and 686.28 psi for the cone section. The nozzle contained in this pig launcher design does not use a reinforcing pad. In the saddle design the stress value is still below the allowable stress value on the saddle and the value of the lifting lug strength is 230.8 psi which is still below the allowable strength value of 2400 psi so that it is declared acceptable.

Keywords: Design, Pig Launcher, Pigging, Pipeline, Stress

Nomenclature

| | |
|----------|-----------------------------------|
| <i>t</i> | thickness [in] |
| <i>P</i> | Pressure [psi] |
| <i>R</i> | Jari-jari dalam bejana tekan [in] |
| <i>S</i> | Allowable stress [psi] |
| <i>E</i> | Modulus of elasticity [psi] |
| <i>D</i> | Diameter [in] |
| <i>L</i> | length [in] |
| <i>W</i> | weight of vessel [lb] |
| <i>Q</i> | load on one saddle [lb] |
| <i>R</i> | radius of shell [in] |
| <i>K</i> | Constant |
| <i>A</i> | Area of nozzle [in ²] |
| <i>H</i> | height of vessel [in] |

1. PENDAHULUAN

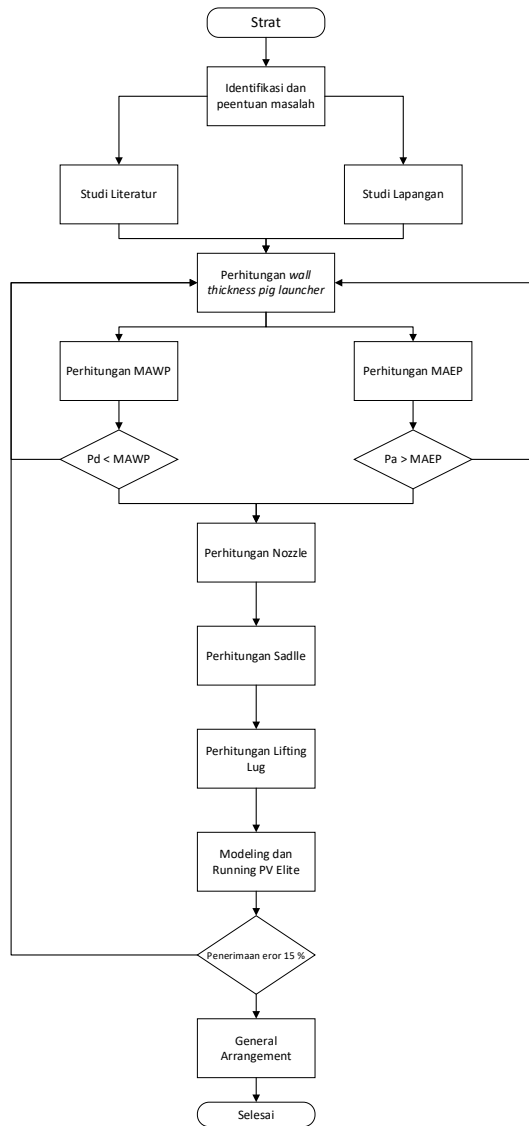
Salah satu perusahaan minyak dan gas bertujuan untuk mengganti jaringan pipa yang ada di wilayah kerja Rokan dikarenakan umur pemakaian sudah hampir melebihi umur design sehingga harus diganti dengan design baru. Jaringan *pipeline* baru tersebut berada di terminal Minas Tank Farm menuju terminal NBS. Dikarenakan adanya pergantian jaringan *pipeline* baru, maka pada penelitian ini dilakukan desain *pig launcher* sebagai proses *pigging* [1][7]. Dan proses *pigging* sendiri merupakan kegiatan operasi meluncurkan suatu alat yang disebut *pig* ke dalam suatu pipa saluran melalui tabung peluncur atau *pig launcher*, yang dijalankan pada tekanan operasi dan akan dikeluarkan dari dalam saluran pipa melalui tabung penerima atau *pig receiver* [2][6][7].

Dalam merancang *pig launcher* banyak hal yang harus diperhatikan yaitu ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi *pig launcher* yang bersifat krusial seperti jenis material, MAWP (*maximum allowable working pressure*), *internal pressure*, yang disebabkan oleh tegangan dari dalam tangki, *external pressure*, yang disebabkan oleh faktor-faktor dari luar tangki, dan, *stress* pada *support pig launcher*. Pada perancangan *pig launcher* akan didesain dengan *design pressure* sebesar 680 psig dan *design temperature* sebesar 200 °F dengan material untuk shell API 5L Grade B dan saddle SA 36 dikarenakan *pig launcher* tergolong bejana tekan maka perhitungan akan mengacu pada *standard ASME section. VIII Division 1, Rules for Construction Pressure Vessel dan Pressure Vessel Handbook Eugene F. Megysey* [3][8][9].

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Untuk diagram alir metodologi penelitian merancang *pig launcher*, dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Perhitungan Ketebalan

Penentuan ketebalan shell dan pig launcher pada pig launcher dapat dilakukan dengan menggunakan 3 persamaan yaitu persamaan untuk cylindrical shell untuk major barrel dan minor barrel, reducer menggunakan cone section dan quick opening closure menggunakan cover flange. Dapat dilihat pada Persamaan 1 sampai Persamaan 3 berikut [4][8].

$$t = \frac{P.R}{2S.E - 0.4P} \tag{1}$$

$$t = \frac{P \cdot D_o^{major}}{2 \cos \alpha (S.E + 0.4.P)} \tag{2}$$

$$t = d \chi \sqrt{\frac{C \cdot x \cdot P}{S \cdot x \cdot E}} \chi \frac{1.9 \cdot x \cdot W \cdot x \cdot hG}{S \cdot x \cdot E \cdot x \cdot d^3} \tag{3}$$

2.3 Perhitungan MAWP

Maximum allowable working pressure (MAWP) adalah tekanan kerja maksimal yang diijinkan oleh suatu bejana tekan. MAWP bejana tekan merupakan tekanan maksimum internal atau

eksternal yang dikombinasikan dengan beban-beban yang mungkin akan terjadi. MAWP shell ditunjukkan pada persamaan 4, MAWP reducer ditunjukkan pada persamaan 5 MAWP cover flange ditunjukkan pada persamaan 6 [4][8].

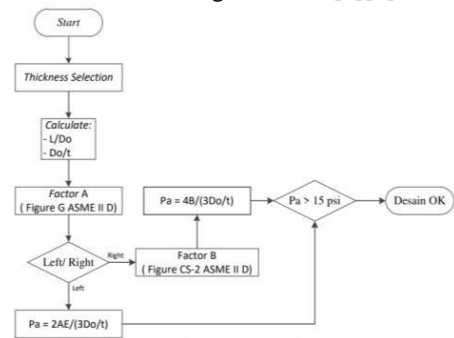
$$P = \frac{S E R_t}{R_o + 0.4 t} \tag{4}$$

$$P = \frac{2.S.E.t \cos \alpha}{D - 0.8 t \cos \alpha} \tag{5}$$

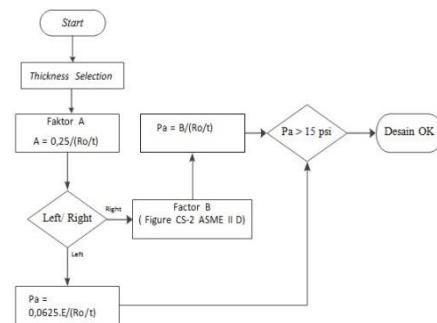
$$P = \frac{S.E}{c} \cdot \left(\left(\frac{t}{d} \right)^2 - \left(\frac{1.9.W.hG}{S.E.d^3} \right) \right) \tag{6}$$

2.4 Perhitungan MAEP

Maximum allowable external pressure (MAEP) menunjukkan seberapa kuat pig launcher mampu menahan tekanan dari luar pada kondisi vakum setelah pemilihan tebal pig launcher. Apabila hasil MAEP lebih dari 15 psi atau menggunakan besaran yang sudah ditentukan berarti dengan ketebalan yang sudah dipilih tersebut tidak akan mengalami buckling ketika dalam kondisi vakum. Adapun tahapan perhitungan menentukan nilai tekanan eksternal pada pig launcher dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 sebagai berikut [4][8].



Gambar 2. Diagram Alur Perhitungan MAEP pada Shell



Gambar 3. Diagram Alur Perhitungan MAEP pada Head

2.5 Perhitungan Nozzle

Dalam perancangan pig launcher tidak akan lepas dengan nozzle yang berfungsi sebagai keluar masuknya fluida dalam pig launcher. Dalam perhitungan nozzle dapat dilihat pada Tabel 1 [4][8].

Tabel 1: Formula Perhitungan *Nozzle*

| Formula | Description |
|---|---|
| $A = d r_n F + 2 t_n r_n F (1 - f_{r1})$ | Area required |
| $A_{11} = \frac{d(E_1 t - F r_n) - 2 t_n (E_1 t - F r_n) (1 - f_{r1})}{2(t + r_n)(E_1 t - F r_n) - 2 t_n (E_1 t - F r_n) (1 - f_{r1})}$ | Area available in shell; use larger value |
| $A_{21} = \frac{5(t_n - r_n) f_{r2}^2}{5(t_n - r_n) f_{r2}^2}$ | Area available in nozzle projecting outward; use smaller value |
| $A_3 = \frac{5 t_1 f_{r2}}{2 H t_1 f_{r2}} = 2 H t_1 f_{r2}$ | Area available in inward nozzle; use smallest value |
| $A_{41} = \text{outward nozzle weld} = (\log)^2 f_{r2}$ | Area available in outward weld |
| $A_{42} = \text{inward nozzle weld} = (\log)^2 f_{r2}$ | Area available in inward weld |
| If $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} > A$ | Opening is adequately reinforced |
| If $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} < A$ | Opening is not adequately reinforced so reinforcing elements must be added and/or thicknesses must be increased |

2.6 Perhitungan *Lifting Lug*

Dalam perencanaan suatu *vessel* diperlukan *lifting lug* yang nantinya digunakan untuk untuk mengaitkan *sling crane* pada proses mobilisasi dan ereksi konstruksi yang besar dan berat. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 4 dan Persamaan 5 [5][8].

$$F = \frac{W_{tot}}{n} \tag{4}$$

$$\sigma_{lug} = \frac{F}{A_{lug}} \tag{5}$$

2.7 Validasi dengan Software PV ELITE

PV Elite merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk perancangan dan menganalisa bejana tekan (*Pressure Vessel*) dan dalam perancangannya sehingga diakui dan diterima dalam dunia industri. Fungsi validasi ini untuk memastikan bahwa perhitungan telah sesuai [1][10][11].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan Ketebalan

Dari hasil perhitungan terdapat 4 bagian yang akan dihitung ketebalannya yakni ketebalan pada major barrel, minor barrel, *cone section*, *quick opening closure*. Perhitungan ketebalan dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2: Hasil Perhitungan Ketebalan.

| | Minimum thickness[in] | Actual Thickness[in] |
|---------------|-----------------------|----------------------|
| Major barrel | 0,332 | 0,406 |
| Minor barrel | 0,298 | 0,365 |
| Cone Section | 0,338 | 0,375 |
| Quick Opening | 2,35 | 2,375 |

3.2 Hasil Perhitungan MAWP

Dari hasil perhitungan terdapat 4 bagian yang akan dihitung MAWP nya yakni ketebalan pada major barrel, minor barrel, *cone section*, *quick opening closure*. Perhitungan MAWP *pig launcher* dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut

Tabel 3: Hasil Perhitungan MAWP

| | MAWP [psi] |
|---------------|------------|
| Major barrel | 1307,021 |
| Minor barrel | 1396,06 |
| Cone Section | 1168,35 |
| Quick Opening | 930,8 |

3.3 Hasil Perhitungan MAEP

Dari hasil perhitungan terdapat 3 bagian yang akan dihitung MAEP nya yakni ketebalan pada major barrel, minor barrel, *cone section*. Perhitungan MAEP *pig launcher* dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4: Hasil Perhitungan MAWP.

| | MAWP [psi] |
|--------------|------------|
| Major barrel | 573,18 |
| Minor barrel | 622,48 |
| Cone Section | 686,28 |

3.4 Hasil Perhitungan *Nozzle*

Pada desain *pig launcher* ini ukuran *nozzle* yang digunakan adalah 4 inch dan 2 inch yang mana pada perhitungan *nozzle* ini langkah pertama yaitu menentukan apakah *nozzle* menggunakan *reinforced pad* atau tidak. Perhitungan *reinforcement* dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5: Hasil Perhitungan *Nozzle*.

| | Area Required | Area Available | description |
|---------------|----------------|----------------|-------------|
| Nozzle 2 inch | 0.364 $inch^2$ | 0,571 $inch^2$ | Don't Use |
| Nozzle 4 inch | 0.768 $inch^2$ | 1,21 $inch^2$ | Don't Use |

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil bahwa desain *nozzle* tidak menggunakan *reinforcement*. Setelah itu dilakukan perhitungan kekuatan *nozzle* Perhitungan kekuatan dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6: Hasil Perhitungan MAWP.

| | Load weld carried | Allowable weld load | description |
|---------------|-------------------|---------------------|-------------|
| Nozzle 2 inch | 738, 44 lb | 19471 lb | Accepted |
| Nozzle 4 inch | 1556,78 lb | 48145,67 lb | Accepted |

3.5 Hasil Perhitungan *Saddle*

Pada perhitungan *saddle* material yang digunakan adalah SA 36 yang mana *saddle* pada major barrel menggunakan *sliding saddle* dan pada minor barrel menggunakan *fix saddle*. Perhitungan pertama dilakukan dengan menentukan berat total pada *pig launcher* terdapat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7: Hasil Perhitungan Berat *Pig Launcher*

| | Berat [lb] |
|------------------|------------|
| Berat komponen | 1020,75 |
| Berat Fluida | 961 |
| Berat attachment | 729,63 |

| | |
|--------------|----------|
| <i>Total</i> | 2885,053 |
|--------------|----------|

Setelah itu, penentuan kekuatan *saddle* dengan cara menganalisa tegangan yang terjadi pada *saddle* dan didapatkan hasil pada Tabel 8 untuk *sliding saddle* dan Tabel 9 untuk *fix saddle* berikut.

Tabel 8: Hasil Perhitungan Kekuatan *Sliding Saddle*.

| Hasil perhitungan | Value | Unit |
|-----------------------------------|---------|-----------------|
| Load on one saddle | 1442.53 | lb |
| Faktor K_{11} | 0,204 | |
| Force | 294.275 | lb |
| Allowable Stress | 24000 | lb |
| Area web plate | 0,01226 | in ² |
| Min. Web plate thickness | 0,25 | in |
| Force effective area of web plate | 0,531 | in ² |
| Tegangan berdasarkan Ae | 553.93 | lb |

Tabel 9: Hasil Perhitungan Kekuatan *Fix Saddle*.

| Hasil perhitungan | Value | Unit |
|-----------------------------------|---------|-----------------|
| Load on one saddle | 1442.53 | lb |
| Faktor K_{11} | 0,204 | |
| Force | 294.275 | lb |
| Allowable Stress | 24000 | lb |
| Area web plate | 0,01226 | in ² |
| Min. Web plate thickness | 0,25 | in |
| Force effective area of web plate | 0,447 | in ² |
| Tegangan berdasarkan Ae | 656.987 | lb |

3.6 Hasil Perhitungan *Lifting Lug*

Pada perhitungan *lifting lug* harus diperhatikan nilai beban yang diberikan. Perhitungan beban pada *lifting lug* dapat dilihat pada Persamaan 4 berikut sebagai berikut.

$$F = \frac{2885,05}{2} \quad (6)$$

$$F = 1442,53 \text{ lb} \quad (7)$$

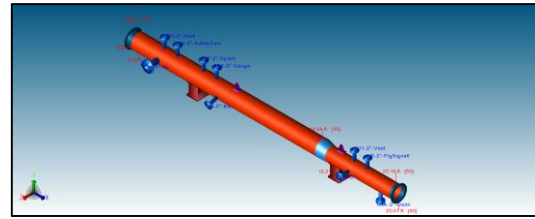
Setelah perhitungan nilai beban maka langkah selanjutnya akan dihitung nilai tegangan yang terletak pada *lifting lug* sesuai Persamaan 5 berikut.

$$F = \frac{1442,53}{6,25} \quad (8)$$

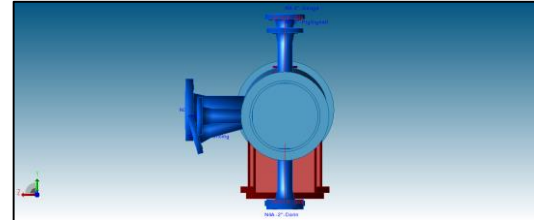
$$F = 230,8 \text{ psi} \quad (9)$$

3.7 Hasil Validasi software PV ELITE

Pada tahap ini PV Elite ini sendiri berfungsi sebagai pembanding antara desain menggunakan perhitungan manual dan software PV ELITE sehingga dapat dijadikan tolak ukur apakah kedua perhitungan tersebut telah memenuhi *allowable* yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk *modeling pig launcher* pada software PV ELITE ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. Isometric View Pig Launcher Model on PV Elite



Gambar 5. Front View Pig Launcher Model on PV Elite

Setelah *modelling* dilakukan langkah selanjutnya adalah proses *running* lalu hasil *running* dibandingkan dengan perhitungan manual. Perhitungan perbandingan manual dan software pada *pig launcher* dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut.

Tabel 10: Hasil Perhitungan Perbandingan Manual dan Software.

| Parameter | Manual [psi] | Software [psi] | Error (%) |
|--------------------------------|--------------|----------------|-----------|
| Minimal Thickness Major Barrel | 0.332 | 0.3318 | 0.03 |
| Minimal Thickness Minor Barrel | 0.298 | 0.2983 | 0.05 |
| Minimal Thickness Cone Section | 0.338 | 0.3384 | 0.06 |
| MAWP Major Barrel | 1307.021 | 1307.021 | 0 |
| MAWP Minor Barrel | 1396.06 | 1396.06 | 0 |
| MAWP Cone Section | 1168.35 | 1168.35 | 0 |

Dari hasil diatas didapatkan nilai rasio error terkecil adalah 0 % dan nilai error terbesar 0.006 yang mana nilai semua rasio error masih dibawah 15% sehingga dapat diterima.

4. KESIMPULAN

- Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa nilai *minimal thickness* dan *actual thickness* pada major barrel 0,332 inch dan 0,406 inch, minor barrel 0,298 inch dan 0,365 inch, *cone section* 0,338 inch dan 0,375 inch, *quick opening closure* 2,35 dan 2,375.
- Didapatkan nilai MAWP *pig launcher* pada bagian major barrel 1307,021 psi, minor barrel 1396,06 psi, *cone section* 1168,35 psi dan, *quick opening closure* 930,8 psi.

3. Didapatkan nilai MAEP *pig launcher* pada bagian major barrel 573,18 psi, minor barrel 622,48 psi, *cone section* 686,28 psi.
4. Pada perhitungan nozzle didapatkan nilai area yang dibutuhkan lebih kecil daripada area yang tersedia sehingga tidak dibutuhkan reinforcement pad dan pada perhitungan kekuatan las nozzle masih dibawah allowable yang telah ditentukan sehingga dapat diterima sama halnya pada perhitungan nilai saddle dan lifting lug yang mana nilai kekuatan yang dibawa oleh saddle dan lifting lug masih dibawah allowable yang telah ditentukan.
5. Untuk validasi pada software PV Elite didapatkan nilai rasio tertinggi 0,005 inch nilai tersebut sangat kecil hal ini memungkinkan terjadi karena Rasio yang kecil ini ditimbulkan karena nilai perhitungan pada software dan manual menggunakan acuan rumus yang sama yaitu pada ASME VIII Divisi 1.

5. SARAN

Saran yang diberikan penulis kepada peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya antara lain:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan software yang berbeda dalam validasi
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menganalisis juga dari segi ekonomis
3. Selain mendesain *pig launcher* diperlukan juga desain *pig receiver*

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari penyusunan jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA., selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Raden Dimas Endro W., S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Ibu Ika Erawati, S.S, M.Pd selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Moh. Miftachul Munir, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing pertama. Beliau yang selalu memberikan masukan dan solusi dari setiap permasalahan yang dihadapi penulis dalam penelitian ini.
6. Bapak Mahasin Maulana Ahmad, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing kedua. Beliau yang selalu memberikan masukan dan solusi dari setiap permasalahan yang dihadapi penulis dalam penelitian ini.

7. Kedua orang tua yang telah memberi banyak motivasi dan juga nasehat selama menempuh perkuliahan ini.
8. Seluruh staf pengajar Program Studi D-IV Teknik Perpipaan yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir
9. Semua teman-teman *piping engineer* 2018 telah memberikan bantuan berupa semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putri, Marizta Perdani, Moh. Miftachul Munir dan Muhammad Shah (2018). *Desain By Pass Line dan Pig Launcher pada Gas Trunkline BS Kambitin II- BS III Tanjung*, Proyek Adaro Wilayah Field Tanjung Kalimantan Selatan.
- [2] Arista, D., Asyik, M., Ubaidillah, D., Prabu, A., Pertambangan, J. T., Kunci, K., Aliran, E., & Aliran, I. (2018). *Analysis Of Flow Efficiency And Flow Index For Intensity Andpigging Time Determinationat Pt. Medco E&P Soka, South Sumatera. Jp, 2*
- [3] Achmad Arifuddin. (2021). *Perancangan Kicker Line Dan Pig Launcher Pada Jalur Perpipaan Dari Jetty Menuju Storage Tank.*
- [4] Megyessy, E. F. (2001). *Pressure Vessel Handbook 12th edition*. Oklahoma: Pressure Vessel Publishing Inc.
- [5] Moss, D. (2004). *Pressure Vessel Design Manual*. New York: Gulf Professional Publishing.
- [6] J. H. N. TIRATSOO. (1992). *Pipeline Pigging Technology*.
- [7] Cordell, Jim., & Vanzant, Hershel. (2003). *The Pipeline Pigging Handbook*. Clarion Technical Publishers.
- [8] ASME. (2017). Design Loading. In ASME, *Rules for Construction of Pressure Vessel ASME Section VIII Divisi 1* (p. 15). New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- [9] Pullarcot, S. (2002). *Practical Guide to Pressure Vessel Manufacturing*. New York: Marcel Dekker Inc.
- [10] Mahandari, C. P., & Sandi, M. (2012). *Mechanical Design Of Pressure Vessel For Three Phase Separator Using PV ELITE Software.*, (p. 1).
- [11] PV Elite. (2017). *PV Elite Guide Book*. Madison: Integraph Corporation.