

ANALISA KEKUATAN STRUKTUR WALKING BEAM PADA SUCKER ROD PUMP MENGGUNAKAN METODE SIMULASI NUMERIK FINITE ELEMENT ANALYSIS

Strength Analysis of Walking Beam Structures in Sucker Rod Pump Using Numerical Simulation Method Finite Element Analysis

Nanda^{1*}, Nurul Iman Supardi¹, Afdhal Kurniawan Mainil¹, Alben Sindhu Winata²

1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu,
Jl. W.R. Supratman Kandang Limun, Bengkulu.

2) PT. Bukaka Teknik Utama. Tbk, Cileungsi, Bogor, Jawa Barat.
Email : nandaaa2909@gmail.com

ABSTRACT

Sucker Rod Pump are a technology that has been used for a long time in the petroleum mining industry and proven effective in lifting oil from wells that have low flow rates. One of the companies in Indonesia which still produces Sucker Rod Pump is PT. Bukaka Engineering Utama Tbk. Sucker Rod Pump is a tool that used to raise petroleum from the well to the ground surface. In a Sucker Rod Pump there are several main components, namely the Walking Beam, Horse Head, Samson Post, Crank, Counter Weight, Pitman, Equalizer, Gear Box, electric motor and V-Belt. Walking Beam is a very component has a big influence on the performance of the Pumping Unit, in this case Walking The beam on the Pumping Unit must be appropriate in terms of strength, durability and... security, this is intended to obtain effective, maximum performance. On During the design process, the Walking Beam was designed using software solidworks 2024. The material used is ASTM A36 Steel Plate, with dimensions 5000mm long, 617mm high and 200mm wide. This Walking Beam analyzed using Solidworks 2024 Software. In the Von Misses stress test, it is obtained The maximum stress result is 76,756 MPa. While the minimum voltage found on the base plate is 0.222 Mpa. For the results of the simulation The maximum displacement value obtained is 2,550 mm for color red and a minimum displacement of 41.498 mm which is indicated by blue. Lastly, safety factor testing was carried out where the results were obtained The maximum safety factor is 1,126.43 on the base plate. Meanwhile numbers The minimum security is in the blue section, namely 0.003. From the results analysis obtained, it can be seen that the Walking Beam was used it's not safe. In the analysis process the author only uses value obtained from calculating the lifting force, object mass, well volume, and the weight of the load used (ignoring the weight of the Equilizer, Pitman, Crank, and power from the gear reducer). This is done to find out what are the conditions when the Walking Beam is operating to lift fluid from At the bottom of the well then there was a problem with the drive motor.

Keywords: *Sucker rod pump, Walking beam, Finite element analysis*

1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber energi utama yang sangat penting bagi kehidupan manusia modern [1]. Permintaan global terhadap minyak bumi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan perkembangan teknologi. Sebagai negara dengan cadangan minyak bumi yang cukup besar, Indonesia memiliki potensi yang besar untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri maupun menjadi salah satu produsen minyak bumi utama di dunia [2, 3]. Dalam proses produksi minyak bumi, salah satu komponen penting yang sering digunakan adalah pompa angguk (*Pumping Unit/Sucker Rod Pump*). *sucker rod pump* merupakan teknologi yang telah lama digunakan dalam industri pertambangan minyak bumi dan terbukti efektif dalam mengangkat minyak dari sumur-sumur yang memiliki laju alir rendah. Salah satu perusahaan di Indonesia yang masih memproduksi *Sucker Rod Pump* yaitu PT. Bukaka Teknik Utama Tbk.

Sucker rod pump atau pompa angguk adalah suatu alat mekanik digunakan secara luas dalam industri migas yang pemanfaatannya digunakan untuk mengangkat fluida dari dalam sumur minyak keatas permukaan dengan memanfaatkan sumber tenaga yang berupa listrik dari *prime mover* untuk menggerakkan. Metode pompa dipakai untuk sumur - sumur yang sudah tidak memiliki tekanan yang cukup untuk menaikkan atau mengalirkan minyak bumi sampai ke permukaan [4-6]. Prinsip kerja *Sucker rod pump* yaitu mengubah gerak rotasi dari *Prime Mover* menjadi gerak naik turun oleh sistem Pitman Crank Assembly kemudian gerak ini melalui *Walking beam* diteruskan ke *Horse Head* sehingga menyebabkan pompa bisa bekerja menaikkan minyak bumi dari dalam sumur ke atas permukaan [7]. Dalam *Sucker Rod Pump* terdapat beberapa komponen

utama yaitu *Walking Beam*, *Horse Head*, *Samson Post*, *Crank*, *Counter Weight*, *Pitman*, *Equalizer*, *Gear Box*, motor listrik dan *V-Belt*. *Sucker rod pump* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 *Sucker Rod Pump*

Dari penelitian sebelumnya sudah ada yang mulai melakukan analisa dari berbagai komponen pompa angguk ini seperti tegangan pada *v – belt*, umur bearing, pengaruh counter weight dll. Namun belum ada yang dilakukan pada *Walking Beam* ini, maka dari itu penulis melakukan analisa pada komponen ini guna mengetahui kondisi kritis komponen tersebut pada saat beroperasi. *Walking beam* adalah komponen penting dalam sistem pompa angguk yang mengkonversi gerakan rotasi menjadi gerakan linier [8]. Dengan desain yang efisien dan kemampuan untuk bekerja pada kedalaman yang bervariasi, *walking beam* berkontribusi besar terhadap produktivitas dalam industri minyak, meskipun perhatian terhadap pemeliharaan dan pengelolaan vibrasi sangat penting. *Walking Beam* merupakan komponen yang sangat berpengaruh besar terhadap kinerja Pumping Unit, maka dalam hal ini *walking beam* pada *sucker rod pump* haruslah tepat dari segi kekuatan, ketahanan, dan keamanan, ini dimaksudkan untuk mendapatkan kinerja yang efektif, maksimal dan ekonomis dan sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Dalam kondisi kerja *sucker rod pump* *Walking beam* merupakan komponen yang menerima tegangan yang besar. Sehingga sangat penting untuk mengetahui nilai deformasi, tegangan, dan faktor keamanannya. Salah satu aplikasi yang umum digunakan dalam konteks simulasi numerik untuk memastikan keamanan dan kinerja rangka mesin adalah *SolidWorks*. *SolidWorks* menggunakan proses simulasi FEA atau Analisis Elemen Hingga (FEA) untuk mengevaluasi dan memahami perilaku struktural suatu desain.

Nilai faktor keamanan atau *safety factor* dari setiap desain konstruksi pasti berbeda - beda. Pada zaman dahulu nilai faktor keamanan belum mempertimbangkan faktor-faktor yang detail sehingga faktor keamanan nilainya cukup besar yaitu antara 20 hingga 30. Seiring dengan kemajuan teknologi, faktor keamanan dalam desain harus mempertimbangkan hampir semua faktor yang mungkin meningkatkan terjadinya kegagalan, sehingga nilai factor keamanannya tidak sebesar dulu.

2. METODOLOGI

Walking beam yang digunakan dalam penelitian ini adalah milik dari *Sucker rod pump* tipe C-114-119-100 yang terbuat dari material Baja ASTM A36. Komponen ini tersusun secara horizontal yang diletakkan diatas *saddle bearing* dengan metode pembautan dan memiliki geometri Panjang 5000mm, tinggi 617 mm, dan lebar 200mm. Factor keamanan untuk beberapa konstruksi mesin ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai faktor keamanan konstruksi mesin

<i>Equipment</i>	<i>Factor Of Safety</i>
Aircraft components	1.5-2.5
Boilers	3.5-6
Bolts	8.5
Cast-iron wheels	20
Engine components	6-8
Heavy duty shafting	10-12
Lifting equipment – hooks	8-9
Pressure vessels	3.5 – 6

<i>Equipment</i>	<i>Factor Of Safety</i>
Turbine components – static	6-8
Turbine components – rotating	2-3
Spring, large heavy-duty	4.5
Structural steel work in buildings	4-6
Structural steel work in bridges	5-7
Wire ropes	8 - 9

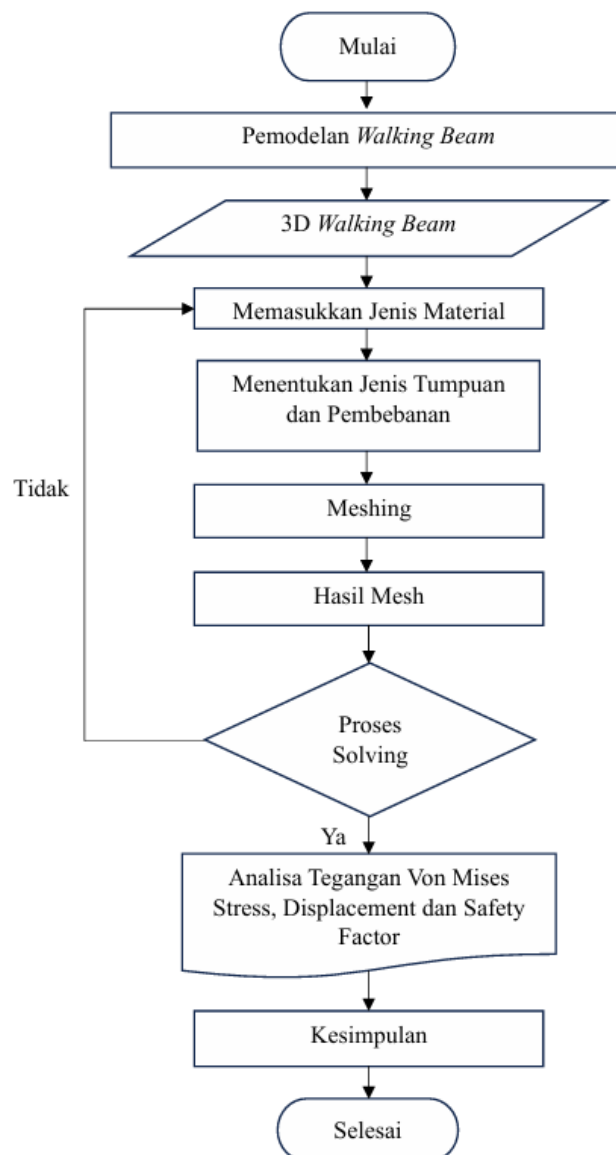
Sumber : (SafetyCulture Content Team) [9]

2.1 Diagram Alir Simulasi

Dalam proses simulasi ini penulis menggunakan nilai pembebanan yang didapat dari perhitungan *head pompa*, terdapat beberapa langkah-langkah untuk mendapatkan hasil dari simulasi yang terdiri dari *Tegangan Von Misses Stres*, *Displacement*, dan *Safety of Factor*. Diagram alir simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.

2.2 Objek Simulasi

Walking Beam dibuat dengan menggunakan *Software Computer Aided Design (CAD) Solidworks 2024* yang dibuat menjadi satu *part* menggunakan fitur *assembly* untuk penggabungan beberapa komponen pendukung lainnya.



Gambar 2 Diagram Alir Simulasi



Gambar 3 *Walking Beam*

2.3 Material *Walking Beam*

Pada prosesnya pembuatannya *Walking Beam* merupakan komponen yang tersusun dari berbagai potongan plat, salah satu material yang digunakan yaitu Plat Baja A36. Baja ini merupakan baja yang cukup populer untuk aplikasinya pada bidang struktur, ketebalannya yang beragam dan kemampuannya yang tahan terhadap korosi.

Tabel 2 Spesifikasi Baja A36

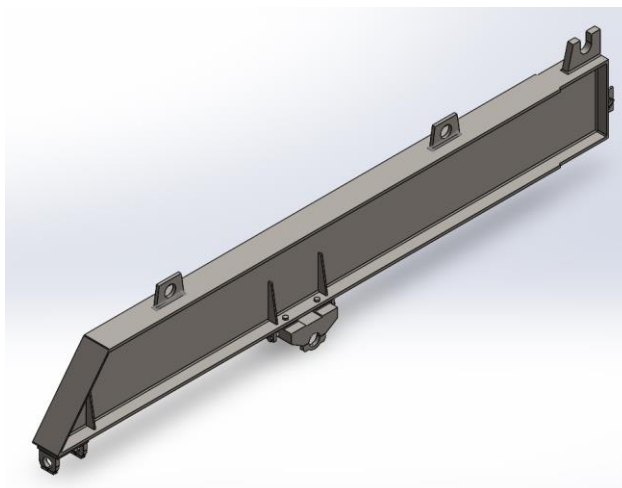
Properti	Nilai	Satuan
Tensile Strength	400-552	MPa
Yield Strength	281-301	Mpa
Elongation	31	%
Modulus Young	200	GPa
Poissons's Ratio	0,32	-
Density	7800	Kg/m ³
Brinell Hardness	119-159	HB

Sumber :spesifikasi ASTM A36 | Beyond-steel & Metal [10]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Desain

Hasil desain *Walking Beam* dibuat dengan menggunakan *Software Solidwork 2024*, yang dimana plat bagian atas dan bawah menggunakan plat dengan ketebalan 22mm dan untuk plat bagian pangkal, dalam, dan ujung menggunakan plat dengan ketebalan 16mm. Material yang digunakan ialah plat baja ASTM A36. Dari dimensi keseluruhan struktur yaitu ukuran Panjang 5000 mm, lebar 200 mm, dan tinggi 617 mm. Desain *Walking Beam* dapat dilihat pada Gambar 4.



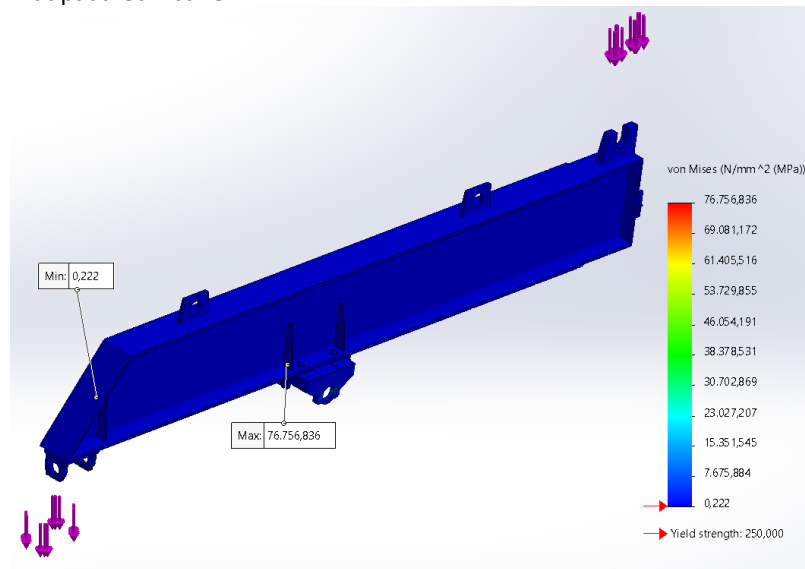
Gambar 4 Hasil Desain 3D *Walking Beam*

3.2 Hasil Simulasi

Hasil dari setelah dilakukannya simulasi dengan variabel jenis material baja ASTM A36 diperoleh nilai von misses stress, displacement dan safety factor sebagai berikut.

1. Von Misses Stress

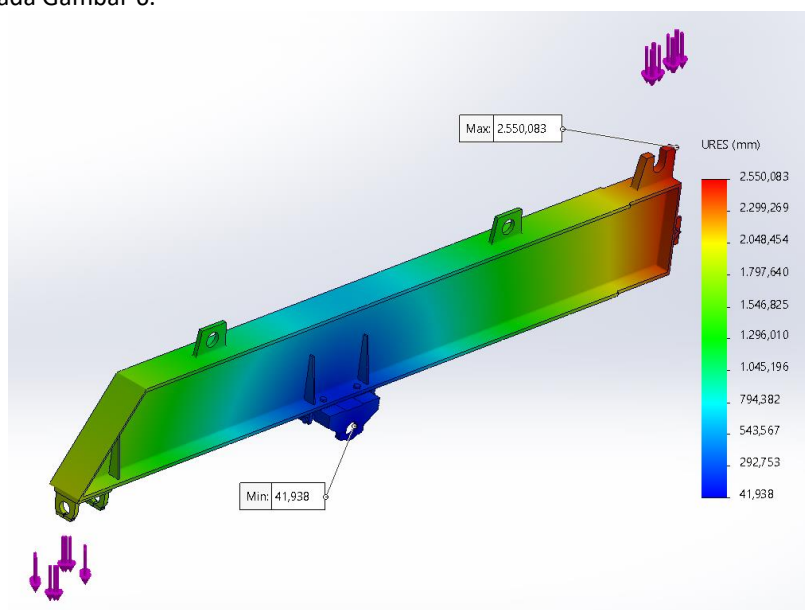
Pada komponen *Walking Beam* dilakukan analisis *Von Misses Stress* yang memberikan tegangan maksimal sebesar 76.756 Mpa, tegangan paling tinggi ini terdapat pada bagian penyangga pin engsel. Sedangkan tegangan minimum terdapat pada plat bagian pangkal sebesar 0,222 Mpa. Hasil simulasi tegangan *von misses* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Von Misses Stress

2. Displacement

Analisis *Displacement* adalah proses untuk mengetahui pergeseran atau deformasi dari suatu struktur di bawah beban tertentu. Pada gambar 4. 3 bisa diketahui pada bagian yang berwarna biru merupakan bagian yang terkena *displacement* minimum yaitu sebesar 41,938 mm. Untuk bagian yang berwarna merah merupakan hasil *Displacement* maksimum yaitu sebesar 2.550 mm. Hasil simulasi *Displacement* dapat dilihat pada Gambar 6.

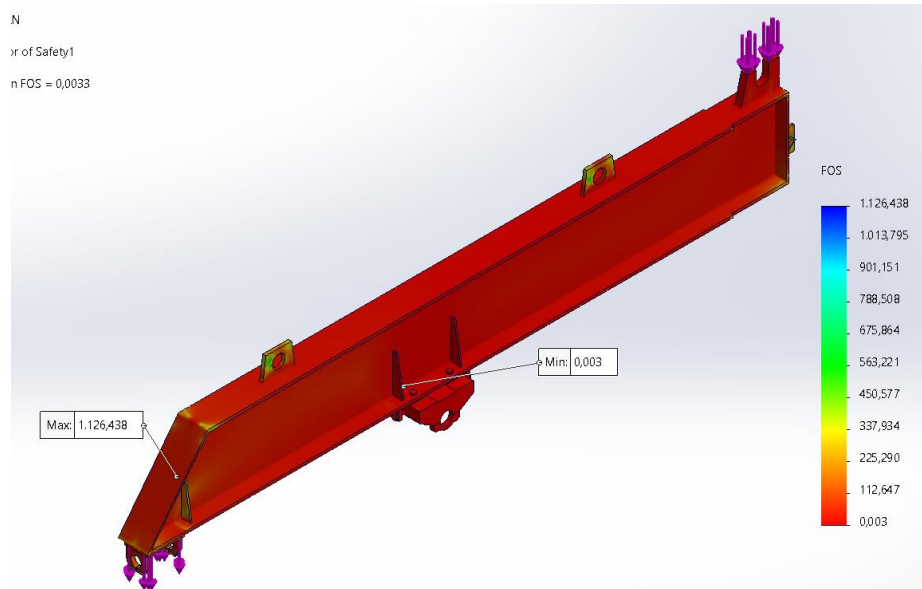


Gambar 6 Hasil Displacement

3. Safety Of Factor

Angka keamanan (*Safety Factor*) adalah teknik yang digunakan untuk memastikan bahwa desain suatu struktur atau komponen cukup aman atau tidak untuk digunakan dalam kondisi operasional yang

diharapkan. Pada gambar 4.4 bisa diketahui nilai safety factor maksimal yang dihasilkan yaitu sebesar 1.126,43 pada plat bagian pangkal. Sedangkan nilai safety factor minimal terdapat pada bagian sirip penyangga pin engsel yaitu sebesar 0,003. Untuk hasil simulasi *Safety of Factor* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil *Safety of Factor*

3.3 Pembahasan

Walking Beam adalah merupakan satu bagian dari pompa angguk yang berbentuk semacam balok panjang yang bergerak naik turun, mengubah gerak rotasi dari crank menjadi gerakan linear. Pada penelitian kali ini memiliki tujuan agar *Walking Beam* yang sudah dibuat dapat mengetahui kekuatannya setelah diberi pembebanan statik. Pada proses desain, *Walking Beam* ini didesain dengan menggunakan bantuan *software solidwork 2024*. *Walking Beam* ini merupakan sebuah komponen yang digabung dari satu jenis plat namun memiliki dimensi yang berbeda. Material yang digunakan yaitu BAJA ASTM A36, dengan dimensi ukuran yang digunakan ialah sesuai hasil pengukuran di lapangan dengan dimensi keseluruhan rangka yaitu ukuran Panjang 5000 mm, lebar 200 mm dan tinggi 617mm. Setelah didapatkan hasil desain *Walking Beam*, maka dilakukan simulasi dengan tujuan dapat mengetahui kekuatan pembebanan statik *Walking Beam* dengan memperoleh nilai dari *von misses stress*, *displacement*, dan *safety factor*.

Pada saat proses desain, *Walking Beam* didesain dengan menggunakan bantuan *software solidwork*. *Walking Beam* merupakan sebuah struktur yang ditopang oleh sebuah tumpuan sendi/engsel. Setelah didapatkan hasil desain *Walking Beam* maka dilakukan simulasi dengan tujuan dapat mengetahui kekuatan pembebanan statik *Walking Beam* untuk mengetahui nilai dari tegangan *von misses stress*, *displacement*, dan *safety factor*. Pada pengujian *von misses stress* didapatkan hasil tegangan maksimal sebesar 76.756 MPa. Dalam hal ini nilai tegangan maksimum yang melebihi kekuatan tarik material akan berpotensi terjadinya retak atau patah. Tegangan maksimal ini terdapat pada bagian penyangga pin engsel, sedangkan tegangan minimum terdapat pada plat bagian pangkal sebesar 0,222 Mpa. Nilai tegangan minimum dapat menjadi petunjuk bahwa bagian terkena tekanan tersebut akan mengalami keruntuhan. Pengujian selanjutnya ialah mencari nilai *displacement* dimana pada hasil didapatkan bidang yang warna biru merupakan *displacement* minimum, sedangkan bidang warna merah merupakan *displacement* maksimum. *Displacement* maksimum yaitu sebesar 2.550 mm pada warna merah dan *displacement* minimum sebesar 41,938 mm yang ditunjukkan dengan warna biru. Terakhir dilakukanlah pengujian *safety factor* dimana didapatkan hasil *safety faktor* maksimal sebesar 1.126,43 pada plat vertikal bagian ujung. Dalam hal ini dapat diketahui bahwa komponen yang dirancang harus jauh lebih kuat dari yang dibutuhkan agar tidak menyebabkan pemborosan material dan biaya konstruksi yang berlebihan. Sedangkan angka keamanan minimal terdapat pada bagian warna biru yaitu sebesar 0,003.

4. KESIMPULAN

1. Desain komponen *walking beam* ini dibuat dengan menggunakan *Software Computer Aided Design (CAD) Solidworks 2024*. Pada proses awalnya dibuat menjadi beberapa part terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan menggunakan fitur *assembly* untuk penggabungan beberapa komponen pendukungnya seperti *bracket saddle* dan *clamping*. Model geometri ini memiliki panjang 5000 mm, lebar

- 200 mm, dan tinggi 617 mm.
2. Besar distribusi yang didapatkan pada simulasi tegangan *von misses stress* yaitu 76.756 MPa tegangan maksimal ini terdapat pada bagian penyangga pin engsel. Sedangkan tegangan minimumnya terdapat pada plat bagian pangkal sebesar 0,222 MPa. Pada simulasi *displacement* didapatkan tegangan minimum sebesar 41,938 mm dan *displacement* maksimum yang dihasilkan yaitu sebesar 2.550 mm. Pada simulasi nilai *safety factor* didapatkan nilai maksimal yaitu sebesar 1.126,43 pada plat vertikal bagian ujung. Sedangkan nilai *safety factor* minimal terdapat pada bagian sirip penyangga pin engsel yaitu sebesar 0,003.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunoto R, Sofyan S. **2020**. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP Untuk Penerangan Lampu di Ruang Selasar Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan. Jurnal *Sigma Teknika*: 3(2): 96–106.
- [2] Rachmayani AN. **2015**. Analisis struktur kovarians indikator terkait kesehatan pada lansia yang tinggal di rumah dengan fokus pada rasa subjektif terhadap kesehatan: 6.
- [3] Qibtiyah AGM. Shodiq I. **2023**. Kinerja Perusahaan Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Negara (Pertamina) Di Bawah Kepemimpinan Ibnu Sutowo Tahun 1968-1976. Journal of Indonesian History: 11(1): 76-84.
- [4] Febriyanti E, Suhadi A. Sari LN. **2023**. Analisa Kegagalan Polished Rod Pada Pompa Angguk,” *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*: 13(2): 129–140.
- [5] Weriono. Syafar S. Rialdi. Isra A. **2023**. Pengaruh Counterweight pada Sistem Pompa Angguk. Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy: 7 (2): 168-176.
- [6] Azdi A. **2020**. Analisis Performance Sucker Rod Pump Akibat High Friction Pada Sumur U , V , W dan X Lapangan Y. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Perminyakan. Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- [7] Putra RA. Sucker Rod Pump. SCRIBD. Diakses: 23 Januari 2024. <https://www.scribd.com/doc/292196990/Sucker-Rod-Pump>
- [8] P. T. Bukaka Teknik Utama 2020. Analisa Perhitungan V-Belt Pada Pumping Unit C228-213-120..
- [9] Team SC. Factor of Safety: Ratio for Safety in Design and Use. Safety Culture. Diakses: 23 Januari 2025.: https://safetyculture.com/topics/factor-of-safety/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=sge
- [10] Spesifikasi ASTM A36. Beyond-steel & Metal (Diakses pada tanggal 23 Juli 2024).