



## **Analisis Safety Factor pada Frame Mobile SPBKLU Berbasis PLTS sebagai Sumber SPBKLU**

Adji Chandra Prasetyo<sup>1</sup>, Sonki Prasetya<sup>1\*</sup>, dan Yuli Mafendro Dedet Eka S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

---

### **Abstrak**

*Potensi sel surya di Indonesia untuk pembangkit listrik sangat besar yaitu 112.000 GWp namun penggunaannya baru mencapai 51,11 MW. Pemerintah berencana menjadikan Indonesia menjadi negara nol emisi pada tahun 2060 salah satu cara yang ditempuh adalah mulai beralih dari kendaraan sepeda motor berbahan bakar fosil menjadi energi listrik. Salah satu infrastruktur pendukung untuk sepeda motor listrik adalah fasilitas pengisian daya dengan menukar baterai yang menjadi sumber energi pada motor listrik. Oleh karena itu penulis melakukan perancangan Mobile SPBKLU berbasis PLTS dengan menggunakan inventor. Dan selisih antara safety factor rumus dengan safety factor software sebesar 0,0473 pada frame atas panjang, lalu 2,3944 pada frame atas pendek, lalu 0,10223 pada frame bawah pendek untuk baterai dan 1,01249 untuk frame bawah pendek untuk SPBKLU.*

*Kata-kata kunci: SPBKLU, PLTS, frame, von mises stress, safety factor*

### **Abstract**

*The potential of solar cells in Indonesia for electricity generation is very large, namely 112,000 GWp but its use has only reached 51.11 MW. The government plans to make Indonesia a zero emission country by 2060. One of the ways to be taken is to start switching from fossil fuel motorcycles to energy. electricity. One of the supporting infrastructure for electric motorcycles is a charging facility by exchanging batteries which become the energy source for electric motors. Therefore, the author designed a PLTS-based Mobile SPBKLU using the inventor. And the difference between the formula safety factor and the software safety factor was 0.0473 on the long upper frame, then 2.3944 on the short upper frame, then 0.10223 on the short lower frame for battery and 1.01249 for the short bottom frame for SPBKLU.*

*Keywords: SPBKLU, PLTS, frame, von mises stress, safety factor*

---

\* Corresponding Email Author : [sonki.prasetya@mesin.pnj.ac.id](mailto:sonki.prasetya@mesin.pnj.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Pada negara Indonesia transportasi darat masih sangat dibutuhkan oleh masyarakat khususnya kendaraan sepeda motor. Sepeda motor masih banyak bergantung pada bahan bakar fosil yang semakin menurun produksi pertahunnya dan akan habis suatu saat nanti [1].

Pemerintah sebagai pemegang aturan memiliki rencana yaitu *net zero emission (NZE)* pada tahun 2060 atau lebih cepat dari perencanaan. *NZE* adalah program yang dibuat pemerintah dengan tujuan menjadikan negara republik Indonesia menjadi nol emisi, untuk mewujudkan rencana itu salah satu caranya adalah mengurangi pemakaian kendaraan bermotor bertenaga fosil seperti sepeda motor listrik dan mengganti ke kendaraan ramah lingkungan seperti motor listrik [2].

Salah satu untuk memajukan dan menunjang perpindahan dari motor berbahan bakar konvensional dengan berbahan bakar listrik maka harus adanya fasilitas pengisian daya. Fasilitas pengisian daya kendaraan listrik untuk motor adalah Stasiun Penyedia Listrik Umum (SPLU) dan Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLUM). SPBKLUM digunakan dengan cara menukar baterai motor listrik yang telah habis dengan baterai motor listrik yang sudah terisi penuh di stasiun penukaran baterai tersebut. Proses penukaran baterai hanya butuh waktu sekitar 9 detik hingga 5 menit saja tetapi unit SPBKLUM yang tersebar di Indonesia masih sedikit dan kurang tersebar di perkotaan maupun pedesaan [1].

Politeknik Negeri Jakarta sebagai salah satu institusi Pendidikan vokasi di Indonesia telah memiliki pengalaman dibidang mengembangkan kendaraan listrik dengan penelitian dan penerapan sebagai berikut. Yang pertama adalah tentang kecerdasan buatan untuk sistem pengereman kendaraan listrik untuk mengidentifikasi objek dengan jarak agar mengurangi kecelakaan, lalu pengembangan pengereman magnetik pintar dengan kontrol aktuator untuk kendaraan listrik bermuatan berat [3], [4], [5]. Politeknik Negeri Jakarta pun melakukan pengembangan pada bidang energi baru terbarukan seperti melakukan sistem monitoring pada pembangkit listrik tenaga matahari [6] dan menganalisis pengaruh posisi panel surya dengan daya yang dihasilkan [7].

Dari fakta diatas penulis mendapatkan ide untuk membuat perencanaan mobile SPBKLUM berbasis PLTS. Pada saat ini di Indonesia masyarakat memilih sepeda motor sebagai sarana transportasi karena mudah untuk dikendarai dan bentuknya yang ramping sangat diuntungkan untuk menembus kemacetan di jalanan. Selain itu sepeda motor juga menjadi salah satu penyumbang polusi dan pemanasan global. Maka dari itu dibuatlah teknologi sepeda motor listrik.

Tetapi nyatanya saat ini masih banyaknya pengguna sepeda motor berbahan bakar fosil dan belum beralihnya ke sepeda motor listrik karena kurangnya infrastruktur pendukung. Selain itu infrastruktur pendukung yang ada sekarang seperti SPBKLUM masih menggunakan sumber listrik konvensional milik negara seperti PT. PLN Persero yang sebagian besar sumber energi listriknya masih menggunakan energi fosil yang akan habis serta berdampak buruk juga untuk lingkungan.

Karena alasan tersebut maka dirancanglah sebuah *mobile SPBKLUM* yang berbasis PLTS yang dapat dengan mudah berpindah tempat yang dapat juga digunakan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa. Adapun Tugas Akhir ini merupakan bagian dari *project* penelitian yang dilakukan antara mahasiswa dan dosen. Terdapat dua bagian utama tujuan yaitu perencanaan *frame* penopang PLTS dan perhitungan nilai perbandingan *safety factor* dari *frame* penopang PLTS sebagai sumber SPBKLUM.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

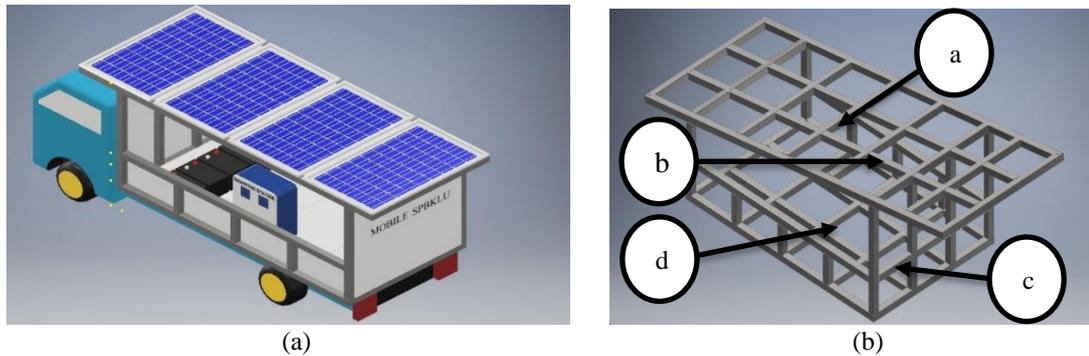
Pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan komparatif yaitu dengan mengumpulkan literatur yang berkaitan dengan pembahasan serta mencari spesifikasi dari SPBKLUM yang bertujuan untuk mendapatkan data yang dapat diolah serta digunakan sebagai merancang. jika sudah mengumpulkan data maka dirancanglah desain dari *mobile SPBKLUM* berbasis PLTS, menghitung dengan rumus serta menganalisa dengan *software*, melakukan perbandingan dari data yang didapatkan, dan menunjukkan dengan tampilan grafik. Adapun berikut adalah tahapan metodologi penelitian :

1. Mengumpulkan literasi yang mampu menunjang dan membantu untuk menyelesaikan penelitian.
2. Merancang desain dari *mobile SPBKLUM* berbasis PLTS dan desain *frame* dari *mobile SPBKLUM* berbasis PLTS dengan spesifikasi yang didapatkan dari literasi yang ada.
3. Menghitung dengan rumus untuk mendapatkan tegangan tarik maksimal pada salah satu rangka pada *frame* dan *safety factornya*.
4. Menganalisa dengan metode *stress* analisis menggunakan *software* autodeks inventor pada desain yang telah dibuat agar mendapatkan nilai *von mises stressnya* dan nilai *safety factornya*.

5. Membandingkan nilai dari *safety factor* dari perhitungan rumus berbanding dengan *safety factor* Analisa *software*.
6. Membuat kesimpulan dari perbandingan 2 metode menganalisa tersebut.

### Perancangan Desain *Mobile* SPBKLU Berbasis PLTS

Tujuan membuat rancangan desain untuk *mobile* SPBKLU dengan *software* autodeks Inventor 2017 yang mana *frame* dari rancangan tersebut akan di analisis menggunakan sistem *stress* analisis. Berikut adalah Gambar 1 rancangan *mobile* SPBKLU berbasis PLTS dan rancangan *framennya*.



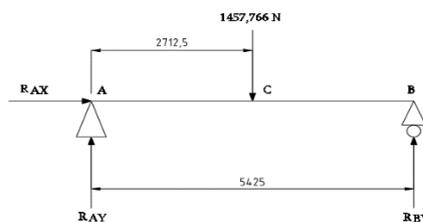
Gambar 1. Rancangan *Mobile* SPBKLU berbasis PLTS (a) dan rancangan *frame* dari *mobile* SPBKLU (b)

Pada Gambar 1 (a) rancangan desain *mobile* SPBKLU menunjukkan spesifikasi menopang 4 buah panel surya sebesar 600 KWp, 1 unit SPBKLU dengan 2 *swap* baterai, dan 5 unit baterai sebesar 12V 200Ah untuk sistem PLTS *off-grid*. Pada *frame* penopang menggunakan besi *hollow* berukuran 100 mm x 100 mm x 5 mm. pada gambar 1 (b) spesifikasi *frame* menurut tempat pembebanannya dibagi menjadi 4 bagian yaitu a. *frame* bagian atas batang panjang dengan ukuran sepanjang 5425 mm lalu b. *frame* bagian atas batang pendek dengan ukuran sepanjang 2171 mm lalu c. *frame* bagian bawah batang pendek untuk baterai dengan ukuran sepanjang 2171 mm ,dan d. *frame* bagian bawah batang pendek untuk SPBKLU dengan ukuran sepanjang 2171 mm.

### Mendapatkan Nilai *safety factor*

Dalam menentukan *safety factor* yang merupakan hasil akhir diperlukan perbandingan rumus dengan perbandingan analisis *software* autodeks inventor, maka berikut ini adalah hal-hal yang diperlukan dalam mendapatkan nilai *safety factor* :

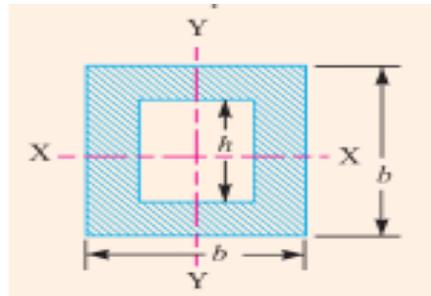
- Gaya yang bekerja pada batang  
Gaya yang bekerja pada batang dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut [8]:



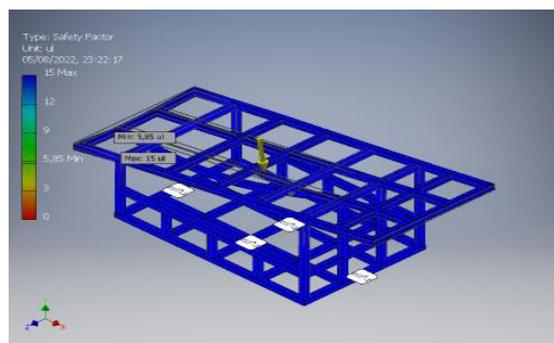
Gambar 2. Gaya yang bekerja pada batang

- Gaya yang bekerja pada batang memiliki persamaan [8]: (1)
- $$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 \\ R_{ax} + R_{by} - \text{Beban (F)} &= 0 \\ R_{ax} + R_{by} &= \text{Beban (F)} \\ \Sigma M_a &= 0 \\ - \text{Beban (F)} \cdot \text{Jarak AC} + R_{by} \cdot \text{Jarak AB} &= 0 \\ R_{ay} + R_{by} &= \text{Beban (F)} \end{aligned}$$

- Momen maksimal  
Rumus momen maksimal memiliki persamaan [8]:  
 $\Sigma Mc = 0$   
 $= Ray \cdot \text{Jarak AC}$  (2)
- Momen Inersia (I) pada besi *hollow*  
Berikut merupakan Gambar 3 momen inersia yang terjadi pada besi *hollow* [8]:

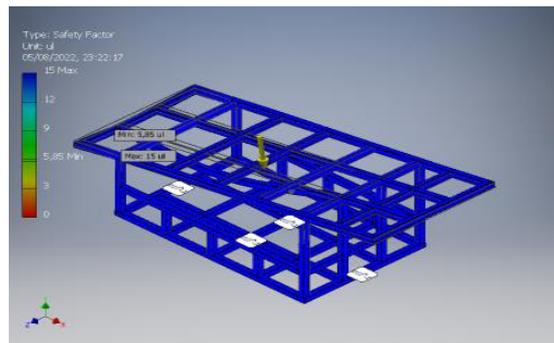
Gambar 3. Momen Inersia pada besi *hollow*

- Rumus momen Inersia (I) pada besi *hollow* memiliki persamaan [8]:  
(3)  
 $I = (b^4 - h^4)/12$
- Jarak titik berat pada besi *hollow* memiliki persamaan [8]:  
 $Y = b/2$  (4)
- Tegangan Tarik pada rangka memiliki persamaan [8]:  
Tegangan Tarik pada rangka = ( Momen Maksimal  $\cdot Y$ )/I (5)
- *Yield Strength* bahan merupakan ketetapan yang memiliki nilai :  
*Yield Strength* bahan Baja Pada Rumus = 200 MPa  
*Yield Strength* bahan Baja Pada Software = 207 MPa
- Analisis *Von Mises Stress* menggunakan *Software* autodeks Inventor dapat dilihat pada Gambar 4 :

Gambar 4. Analisis *Von Mises Stress* pada *software* autodeks inventor

Dari Gambar 4 menjelaskan tentang hasil simulasi analisis *von mises stress* pada *software* autodeks inventor yang dilakukan dengan memasukkan nilai beban (F) pada bagian *frame* yang ingin di analisis dan mendapatkan hasil seperti pada gambar.

- Analisis *Safety Factor* menggunakan *Software* autodeks Inventor dapat dilihat pada Gambar 5:



Gambar 5. Analisis *Safety Factor* pada *software* autodeks inventor

Dari Gambar 5 menjelaskan tentang hasil simulasi analisis *safety factor* pada *software* autodeks inventor yang dilakukan dengan memasukkan nilai beban (F) pada bagian *frame* yang ingin di analisis dan mendapatkan hasil seperti pada gambar.

- Analisis *safety factor* ini digunakan untuk menganalisa suatu perencanaan dalam elemen mesin dengan tujuan agar terjaminnya faktor *safety*nya dengan menggunakan rumus pada buku elemen mesin sebagai berikut [9] :

jika berpatokan dengan nilai dari *yield strength* maka menggunakan [9]: (6)

$$SF = (\text{Yield Strength})/(\text{Max von mises Stress}) \text{ atau Tegangan Tarik pada Rangka}$$

Menurut buku yang berjudul *Machine Element* pada tahun 1989 Dobrovolsky menjelaskan bahwa rentang *safety factor* (SF) berdasarkan jenis pembebanan adalah sebagai berikut [9]:

Beban Statis = 1,25 – 2,0

Beban Dinamis = 2,0 – 3,0

Beban Kejut = 3,0 – 5,0

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pembebanan yang Dilakukan pada 4 Titik Bagian *Frame*

Simulasi dilakukan dengan metode pengujian pada *frame* yang akan dipasangkan ke *chassis* mobil listrik seperti pada rencana diatas dilakukan dengan cara memberikan beban pada bagian – bagian dari *framenya*. metode dilakukan dengan *stress analysis* menggunakan *software* autodeks inventor 2017. Proses pembebanan dilakukan dengan mengasumsikan setiap bagian dengan besaran yang akan diterima oleh beban. Detail besaran pembebanan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Nama Komponen Beserta Total Beban (F)		
No	Nama Komponen	Beban (F)
1	4 Buah Panel Surya + Plat Aluminium	1457,776 N
2	1 Buah Panel Surya + Plat Aluminium	548,379 N
3	5 Buah Baterai + Plat Aluminium	1962 N
4	1 Buah SPBKLU + Plat Aluminium	676,89 N

Pada Tabel 1 menunjukkan informasi bahwa pembebanan yang di lakukan pada 4 titik pembebanan dengan komponen yaitu pada titik *frame* bagian atas batang panjang oleh komponen 4 buah panel surya + *plat* aluminium, lalu pada titik *frame* bagian atas batang pendek mendapatkan pembebanan oleh komponen 1 buah panel surya + *plat* aluminium, lalu pada bagian *frame* bagian bawah batang pendek mendapatkan pembebanan oleh komponen 5 buah baterai + *plat* aluminium, dan yang terakhir adalah *frame* bagian bawah batang pendek mendapatkan pembebanan oleh komponen 1 buah komponen SPBKLU atau *Swap Station* Baterai.

### Hasil Perhitungan Dengan Rumus dan Analisis Menggunakan *Software*

Berikut adalah Tabel 2 yang menjelaskan tentang hasil dari perhitungan tegangan tarik rangka dengan analisis *stress* pada *software* autodeks inventor yang mendapatkan hasil berupa *Von Mises Stress*. Dari kedua hasil tersebut akan mendapatkan hasil *safety factornya* dan akan dibandingkan antara kedua cara tersebut.

Tabel 2 hasil perhitungan tegangan tarik rangka dengan *von mises stress* pada *software* autodeks inventor

No	Bagian	Tegangan Tarik rangka	<i>Von Mises Stress</i>
1	Frame bagian atas batang panjang	34,494245 N/mm <sup>2</sup>	35,4122 MPa
2	Frame bagian atas batang pendek	5,19278 N/mm <sup>2</sup>	5,05995 MPa
3	Frame bagian bawah batang pendek untuk baterai	37,1576214 N/mm <sup>2</sup>	37,7407 MPa
4	Frame bagian bawah batang pendek untuk SPBKLU	12,819378 N/mm <sup>2</sup>	12,063 MPa

Pada Tabel 2 menunjukkan informasi bahwa setelah menghitung tegangan tarik rangka menggunakan rumus pada setiap bagian tergantung besarnya pembebanan pada setiap bagian maka didapatkan data seperti diatas pada setiap bagiannya, lalu pada analisis dengan *software* autodeks inventor dilakukan dengan memberikan pembebanan pada bagian-bagiannya dan dilakukan simulasi *stress* analisis untuk mendapatkan nilai *von mises stressnya*.

### Hasil Dari *Safety factor* rumus Dengan *Safety Factor Analisis Software*

Pada Tabel 3 akan membandingkan hasil antara hasil *safety factor* rumus dengan *safety factor* pada simulasi *software*.

Tabel 3 Perbandingan Antara *Safety Factor* Rumus Dengan *Software* autodeks inventor

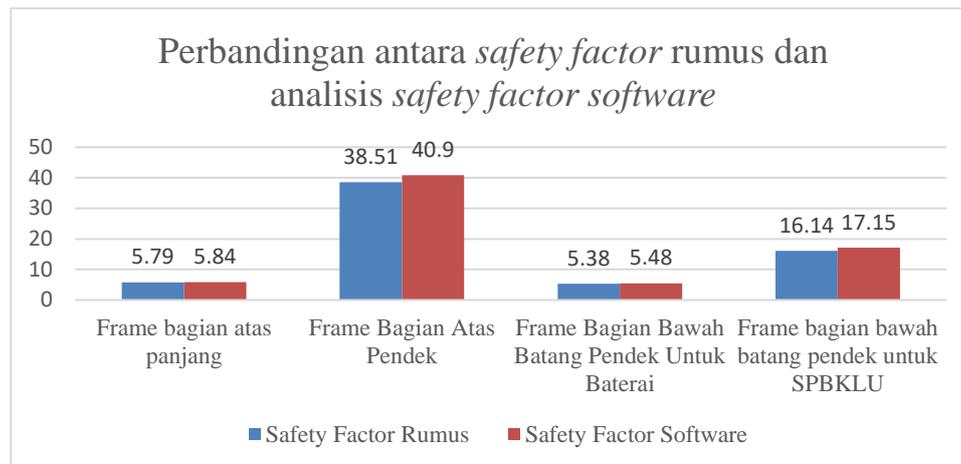
No	Bagian	<i>Safety Factor</i> Rumus	<i>Safety factor software</i>
1	Frame bagian atas batang panjang	5,798068	5,8454431
2	Frame bagian atas batang pendek	38,5150151	40,9094952
3	Frame bagian bawah batang pendek untuk baterai	5,38247585	5,4847943
4	Frame bagian bawah batang pendek untuk SPBKLU	16,1474293	17,1599105

Dari Tabel 3 mendapatkan hasil *safety factor* didapatkan dengan 2 cara yaitu untuk *safety factor* rumus adalah dengan membagi *yield strength* rumus dengan tegangan tarik rangka pada setiap bagiannya dan menghasilkan *safety factor* rumus sedangkan untuk analisis *software* dilakukan dengan membagi *yield strength* dari *software* dengan *von mises stress* yang didapat dari hasil simulasi stress analisis sehingga mendapatkan hasil *safety factor* dari hasil analisis *software* setelah itu hasil *safety factor* dibandingkan mendapatkan hasil yang tidak terlalu berbeda signifikan yang artinya perhitungan rumus dengan menggunakan analisis *software* tidak terlalu jauh atau *error* yang besar.

### Grafik Perbandingan Antara *Safety Factor* Rumus Dengan *Safety Factor Analisis Software*

Pada Gambar 6 dibawah adalah grafik perbandingan antara *safety factor* rumus dengan *safety factor* analisis *software* autodeks inventor yang didapatkan dari nilai *yield strength* dibagi dengan tegangan tarik

rangka begitupun dengan hasil *safety factor* analisis *software* yang didapatkan dengan melakukan simulasi pada *software* autodeks inventor.



Gambar 6 Perbandingan Antara *Safety Factor* Rumus dan Analisis *Safety Factor Software*

Gambar 6 merupakan grafik perbandingan antara *safety factor* rumus dan *safety factor software* yang berisi data berupa bagian *frame* bagian atas batang Panjang memiliki selisih sebesar 0,0473 lalu pada bagian *frame* bagian atas batang pendek memiliki selisih sebesar 2,3944 lalu pada bagian *frame* bagian bawah batang pendek untuk baterai memiliki selisih sebesar 0,10223 dan untuk bagian *frame* bagian bawah batang pendek untuk SPBKLU memiliki selisih sebesar 1,01249.

#### 4. KESIMPULAN

Didapatkan nilai perbandingan antara nilai *safety factor* rumus dengan *safety factor* analisis autodeks inventor bagian *frame* bagian atas batang Panjang memiliki selisih sebesar 0,0473 lalu pada bagian *frame* bagian atas batang pendek memiliki selisih sebesar 2,3944 lalu pada bagian *frame* bagian bawah batang pendek untuk baterai memiliki selisih sebesar 0,10223 dan untuk bagian *frame* bagian bawah batang pendek untuk SPBKLU memiliki selisih sebesar 1,01249 dari selisih yang didapatkan kesimpulan bahwa *range* perbedaan antara kedua cara tidak terlalu besar.

#### REFERENSI

- [1] Suharyati, H Prambudi S, L Wibowo J, and I Pratiwi N, *ENERGI INDONESIA 2019 SEKRETARIAT JENDERAL DEWAN ENERGI NASIONAL*. 2019.
- [2] Agung Pribadi, "Ini Prinsip dan Peta Jalan Pemerintah Capai Net Zero Emission," *Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral*, 2021. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/ini-prinsip-dan-peta-jalan-pemerintah-capai-net-zero-emission> (accessed Jun. 08, 2022).
- [3] Prasetya S, Li L, Hunter G, and Guo Zhu J, "Prospect of Renewable Energy Utilization in a Indonesian City through Microgrid Approach," *Australian Universities Power Engineering Conference*, 2012.
- [4] Prasetya S et al., "Smart Braking Actuator Control For A Heavy Weighted Electric Vehicle," *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, vol. 44, no. 1, pp. 8–16.
- [5] Prasetya S et al., "Artificial Intelligence for Smart Electric Vehicle Braking System," *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, vol. 43, no. 6, pp. 106–112.
- [6] R. N. Ilham, S. Prasetya, and A. Sukandi, "Sistem Monitoring Pendingin Pada Panel Surya Berbasis IoT," 2021. [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [7] A. Dyah Afriyani et al., "Analisis Pengaruh Posisi Panel Surya terhadap Daya yang dihasilkan di PT Lentera Bumi Nusantara," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, pp. 176–183, 2019, [Online]. Available: <http://semnas.mesin.pnj.ac.id>
- [8] R. Nugrahaning Indra Dhita Pradhana, "Desain Dan Analisis Rangka pada Mesin Hole Post Auger," Surakarta, 2016.
- [9] Muhammad Ainur Rozik, "PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA MESIN PENGAYAK PASIR MENGGUNAKAN AUTODESK INVENTOR 2019".