

Pemanfaatan Getaran Mesin Sebagai Sumber Energi Alternatif

Shivy Aura Adhyatma ^{1*}, Mohamad Hakam ², Agus Khumaidi ³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³
Email: adhyatmarara86@gmail.com¹

Abstract – Energy cannot be created or destroyed. Transformation of energy is become one way to complete the renewable energy. In oftentimes machine vibrations is considered as interference, but the vibration energy can be convert into electrical energy. This research was conducted to design a machine vibration power plant that uses a mechanical system utilizing vibration energy from industrial machines. Ulrich method is used to determine the design concept. An energy conversion structure has been designed carrying the concept of a mechanical system, making eccentric motion using an intermediary plate system as a channel for engine vibration to cause up and down motion and supported by a transmission system into rotary motion to rotate a generator/dynamo as a generator of electricity. The vibrations generated from industrial machines can be utilized or converted into electrical energy. It is noted that the design of the energy conversion structure with a mechanical crankshaft system has not been able to convert vibrations into electricity according to the plan. The replacement of the material used in the crankshaft energy conversion structure is expected to improve the performance of the energy conversion tool. The engine vibration power plant is offered with a pump concept that can convert vibrations into electrical voltage. The result of the voltage is 0.035V and the resistance is 381.5 Ohms.

Keyword: renewable energy, vibration, electricity, mechanical system, Ulrich

Nomenclature

rpm	Kecepatan Putar Mesin
f	Frekuensi (Hz)
P	Jumlah kutub
W	Berat Beban (N)
L_B	Lengan Beban (m)
F	Gaya yang diberikan (N)
L_K	Lengan Kuasa
Pd	Daya motor rencana (kW)
fc	Faktor koreksi
P	Daya motor (kW)
T	Momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) (kg.mm)
n_1	Putaran poros (rpm)
τ_a	Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm ²)
σ_b	Kekuatan tarik (kg/mm ²)
Sf_1, Sf_2	Faktor keamanan
ds	Diameter poros (mm)
Kt	Faktor koreksi tumbukan
Cb	Faktor lenturan

1. PENDAHULUAN

Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Transformasi energi menjadi salah satu upaya pemenuhan energi terbarukan. Energi pada modern ini banyak digunakan dalam segala aspek kelangsungan hidup manusia. Kebutuhan energi berbanding lurus dengan peningkatan populasi manusia, membuat manusia mulai beralih menuju sumber energi alternatif terbarukan. Energi listrik baru dapat menambah persediaan listrik utama atau mengurangi penggunaan daya primer, terutama yang berasal dari sumber daya alam.



Gambar 1 Presentase Konsumsi Akhir Energi

Aktivitas kehidupan manusia membutuhkan banyak energi, pengguna terbanyak menurut [1] sesuai Gambar 1 dipegang oleh sektor industri, konstruksi, pertambangan, dan dalam prosesnya banyak energi yang terbuang sia-sia, energi yang terbuang dihasilkan dari sistem kerja suatu energi atau sistem kerja alat. Banyaknya energi yang terbuang ini punya potensi untuk digunakan kembali, sehingga peneliti mempunyai ide untuk memanfaatkan energi yang terbuang tersebut menjadi energi listrik baru. Salah satu peluang yang berhasil peneliti amati saat melakukan *On Job Training* untuk energi yang terbuang adalah getaran terbuang yang dihasilkan mesin saat beroperasi. Mesin yang diamati diantaranya mesin AC, mesin boiler, mesin genset, mesin perkakas, air compressor dan mesin-mesin produksi yang lain.

Getaran ini timbul selama mekanisme kerja alat tersebut, getaran juga timbul di daerah pertemuan antara mata pahat dan benda kerja, atau dari motor diesel yang bekerja. Menurut [2] “Sumber energi alternatif yang dihasilkan oleh getaran dari mesin mempunyai *output* karakteristik yang fluktuatif dan

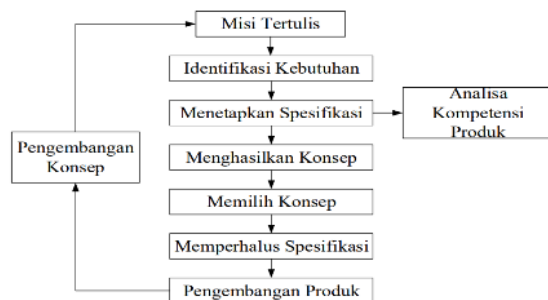
semi-kontinyu juga memang energi bangkitannya kecil, sehingga membuatnya sulit teregulasi dan disimpan.”

Penelitian ini dilakukan untuk membuat rancangan alat pembangkit listrik tenaga getaran mesin yang menggunakan sistem mekanik memanfaatkan energi getaran dari mesin industri. Melalui hasil performa alat dapat diambil analisis performa alat pembangkit listrik tenaga getaran mesin. Penelitian ini dilakukan karena hasil positif pemanfaatan getaran yang terbuang dapat menjadi sumber energi terbarukan tanpa dampak *negatif* terhadap sumber energi yang dimanfaatkan.

2. METODOLOGI.

2.1 Metode Ulrich

Pembuatan konsep desain yang sempurna dilakukan sesuai aturan yang diampu pada metode Ulrich. Penguraian tahapan dalam pembuatannya dilakukan secara berurutan dan membutuhkan kebaruan. Hasil metode Ulrich menyesuaikan hasil nilai terbaik dari setiap kriteria penilaian yang dimiliki oleh konsep desain yang telah dibuat. Adapun jumlah konsep desain disesuaikan pengembangan desain yang dilakukan dalam perencanaan suatu produk. [3].



Gambar 2 Diagram Pengembangan Konsep Menurut Ulrich

Berlaku sama halnya pada langkah yang diterapkan pada penelitian ini. Perancangan produk harus dilakukan secara matang, karena proses ini akan mempengaruhi proses selanjutnya. Adapun langkah – langkah yang harus dilakukan oleh seorang desainer dalam perancangan dan pengembangan produk adalah: identifikasi kebutuhan konsumen, penetapan spesifikasi produk, analisis kompetisi produk, pengembangan dan pemilihan konsep, penyempurnaan spesifikasi, analisis ekonomi produk, dan perencanaan proyek dalam rangka pengembangan produk. Gambar 2 merupakan diagram pengembangan konsep menurut Ulrich. [4].

2.2 Perancangan dan Perhitungan Komponen

Perancangan dan perhitungan komponen ini didasarkan sesuai aturan perhitungan komponen oleh [4] untuk komponen poros persamaan (2.3) hingga persamaan (2.6), perhitungan rpm untuk besar daya generator persamaan (2.1), perhitungan pegas dengan persamaan sistem pesawat angkat jenis tuas persamaan (2.2). Perancangan komponen membantu

mengurangi peluang kegagalan alat. Diutamakan pada komponen komponen yang rawan terhadap kerusakan.

$$rpm = \frac{f \times 120}{P} \quad (2.1)$$

$$W \times L_K = F \times L_B \quad (2.2)$$

$$Pd = fc \times P (Kw) \quad (2.3)$$

Tabel 1 Faktor Koreksi Daya yang akan ditransmisikan fc

Daya yang akan ditransmisikan	fc
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

Sumber: [4]

Jika daya diberikan dalam daya kuda (PS), [4] maka harus dikalikan dengan 0,735 untuk mendapatkan daya dalam kW sehingga:

$$T = 9.74 \times 10^5 \frac{Pd}{n_1} \quad (2.4)$$

Mencari tegangan geser yang diizinkan dapat dihitung dengan persamaan rumus 2.5. [4].

$$\tau a = \frac{\sigma b}{(Sf_1 \times Sf_2)} \quad (2.5)$$

$$ds = \left[\frac{5.1}{\tau a} K_t C_b T \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

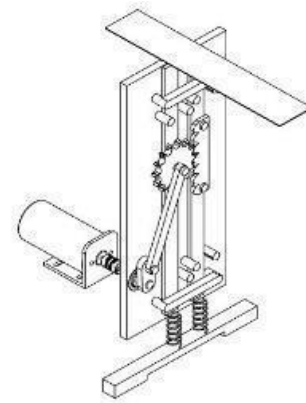
Pembahasan dan hasil penelitian dalam bentuk desain konsep terpilih, proses fabrikasi dan *assembly*, uji performa alat dan analisa performa alat. Penyusunan daftar kebutuhan dibagi dalam beberapa aspek yaitu aspek teknik, aspek manufaktur, aspek perakitan, aspek perawatan, aspek lingkungan, aspek ekonomi. Pada tahapan ini akan diketahui syarat dan harapan yang harus dipenuhi oleh alat.

3.1 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Tabel 3.1 Daftar Kebutuhan

S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
S	1. Transmisi mampu menghasilkan putaran dan disalurkan ke generator	Shivy Aura Adhyatma
S	2. Panjang plat maksimal 30cm	
S	3. Dimensi alat dapat digunakan di area produksi (jarak antar mesin 1 meter)	
H	4. Mampu menghasilkan listrik	
S	1. Dapat di fabrikasi	Shivy Aura Adhyatma
H	2. Hasil pengerjaan sesuai dengan detail drawing yang telah dibuat	
S	1. Mudah dirakit	Shivy Aura Adhyatma
S	2. Mudah dibawa dan dipindah tempatkan (<i>portable</i>)	

S	1. Mudah untuk dibongkar dan dipasang	Shivy Aura Adhyatma
H	2. Bila ada kerusakan, komponen mudah diperbaiki atau diganti	
H	1. Tidak menyebabkan polusi	Shivy Aura Adhyatma
H	2. Tidak bising	
H	1. Biaya produksi terjangkau	Shivy Aura Adhyatma

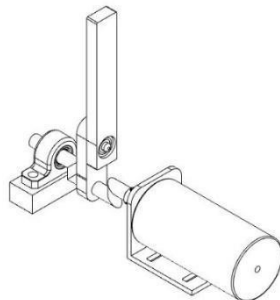


Gambar 3. 3 Konsep Desain 3

3.2 Pembuatan Konsep Desain

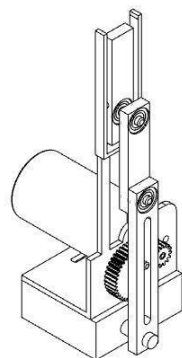
Hasil penyusunan daftar kebutuhan menjadi dasar pembuatan konsep desain. Penelitian ini mengangkat tiga konsep desain. Pembeda dari tiap konsep desain yaitu pada sistem transmisi mekanik yang digunakan pada alat sebagai penyalur frekuensi menjadi rpm dan tegangan. Dijelaskan bahwa konsep desain 1 mengusung sistem mekanik *crankshaft*, konsep desain 2 mengusung sistem mekanik *gear*, dan konsep desain 3 mengusung sistem mekanik *gear type rack and pinion*.

1. Konsep Desain 1



Gambar 3. 1 Konsep Desain 1

2. Konsep Desain 2



Gambar 3. 2 Konsep Desain 2

3. Konsep Desain 3

3.3 Pemilihan Konsep Desain

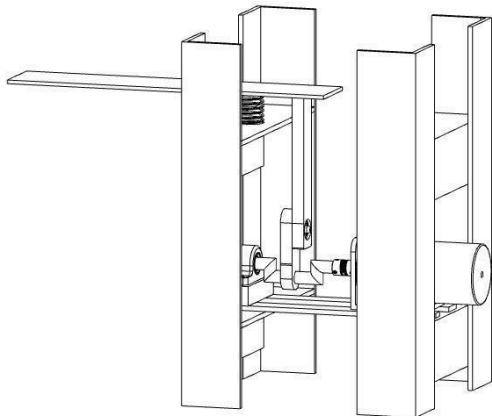
Konsep desain terpilih adalah desain yang memiliki nilai tertinggi dari beberapa kriteria yang telah ditentukan peneliti. Dalam pemilihan konsep bertujuan memberikan penilaian terhadap konsep desain yang telah dibuat. Untuk mempermudah penilaian dijadikan dalam bentuk tabel. Kriteria penilaian ini diharapkan membantu menyempurnakan konsep yang dipilih. Kriteria penilaian yang digunakan dalam tugas akhir ini berdasarkan:

- Proses Fabrikasi
Pengerjaan yang lebih sedikit untuk mempersingkat waktu produksi alat.
- Portabilitas
Bertujuan untuk alat dapat mudah dibongkar dan dipasang/diaplikasikan kembali sehingga memudahkan penyimpanan serta kemudahan dalam pemindahan barang saat diaplikasikan di lapangan.
- Perawatan (*Maintenance*) dan Perbaikan
Bertujuan mempermudah perawatan dan perbaikan dimasa yang akan datang dengan mudahnya penggantian komponen yang rusak dan dapat diperoleh di pasaran.
- Biaya Fabrikasi
Harapan akumulasi biaya yang dikeluarkan selama proses pembuatan produk baik dari segi kebutuhan material dan jasa apapun didapatkan total biaya yang terjangkau.

Tabel 3.2 Matrik Penilaian Konsep

Pembuatan Komponen	Bobot%	Konsep Produk							
		Konsep Desain 1		Konsep Desain 2		Konsep Desain 3		Produk Existig	
		Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot
Proses Manufaktur	30%	5	1.5	4	1.2	4	1.2	3	0.9
Portabilitas	20%	4	0.8	3	0.6	3	0.6	3	0.6
Perawatan	20%	4	0.8	3	0.6	3	0.6	3	0.6
Biaya	30%	5	1.5	4	1.2	3	0.9	3	0.9
Nilai Absolut		19	4.6	14	3.8	13	3.3	12	3.0
Nilai Relatif%		32.8%	31.3%	24.1%	25.8%	22.4%	22.5%	20.7%	20.4%
Ranking		1		2		3		4	

Berdasarkan tabel 3.2 diatas konsep desain yang terpilih adalah konsep desain 1 yang mendapatkan nilai relatif untuk *rate* sebesar 32.8% dan untuk skor bobot 31.3%.



Gambar 3. 4 Konsep Desain Terpilih (Konsep Desain 1)

3.4 Perancangan Komponen

1. Daya Rencana Generator

Besar rpm dihitung dengan persamaan rumus 2.1 sebagai berikut:

$$rpm = \frac{F \times 120}{P}$$

$$rpm = \frac{15 \times 120}{2}$$

$$rpm = 900$$

2. Pegas

Gaya akan disalurkan melewati pegas yang mempunyai sistem pesawat angkat jenis tuas dengan persamaan 2.2.

$$W \times L_K = F \times L_B$$

$$0.4 \text{ kg} \times 192 \text{ mm} = F \times 40 \text{ mm}$$

$$F = 76.8 \text{ kg} \cdot \text{mm} / 40 \text{ mm}$$

$$F = 1.9 \text{ kg}$$

$$F = 19 \text{ N}$$

Hasil simulasi *displacement max* sebesar 5.175mm, dimana:

$$L_0 \geq 25 \text{ mm}$$

$$L_1 \leq 19 \text{ mm}$$

$$F = 19 \text{ N}$$

3. Poros

- Daya Rencana

Perencanaan poros diperlukan data data spesifikasi mengacu pada dinamo DC yaitu, 12V 0.42 kW dan 3000 rpm. Faktor koreksi (*fc*) yang digunakan 1.2. [4]. Dengan persamaan 2.3.

$$Pd = P \times fc$$

$$Pd = 0.42 \text{ kW} \times 1,2$$

$$Pd = 0.504 \text{ kW}$$

- Momen Puntir

Dengan persamaan 2.4.

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n_1}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0.504 \text{ kW}}{3000 \text{ rpm}}$$

$$T = 163.632 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

- Bahan Poros

Material poros yang digunakan adalah S45C yang memiliki Kekuatan tarik $\sigma_a = 569 \text{ MPa}$. Nilai Sf_1 adalah faktor keamanan bahan S-C dengan pengaruh massa dan baja paduan sebesar 6. Sf_2 adalah nilai faktor keamanan alur pasak sebesar 1.3-3, digunakan nilai Sf_2 sebesar 2.

- Tegangan Geser yang diizinkan

Dengan persamaan 2.5.

$$\tau_a = \frac{\sigma_a}{Sf_1 \times Sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{569 \text{ MPa}}{6 \times 2}$$

$$\tau_a = 47.41 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = 4.741 \text{ kg/mm}^2$$

- Diameter Poros

Sesuai dengan standar ASME, nilai faktor koreksi momen puntir (K_t) yang digunakan adalah 2 karena terjadi sedikit kejutan atau tumbukan dan untuk faktor beban lenturnya (C_b) adalah 1.2. Berdasarkan data yang telah diketahui maka, dapat dihitung dengan persamaan 2.6. diameter poros (*ds*) sebagai berikut:

$$ds = \left[\frac{5.1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = \left[\frac{5.1}{4.741 \text{ kg/mm}^2} \times 2 \times 1.2 \times 163.632 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = [1.075 \times 2 \times 1.2 \times 163.632 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2]^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = [422.454267]^{\frac{1}{3}}$$

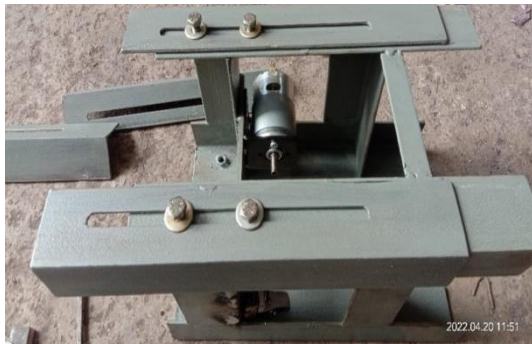
$$ds = 7.5 \text{ mm}$$

Maka diameter minimalnya adalah 7.5mm digunakan diameter 10mm untuk poros asli. Diameter poros juga menentukan besar diameter dalam *pillow block bearing* yang juga akan menggunakan diameter dalam sebesar 10mm.

3.5 Proses Fabrikasi

Tahapan ini meliputi persiapan komponen dasar yang akan diproses melalui proses fabrikasi untuk menjadi alat utuh. Proses fabrikasi alat pembangkit listrik tenaga getaran mesin yaitu, fabrikasi kerangka,

fabrikasi sistem transmisi *crankshaft*, fabrikasi plat perantara, dan tahap perakitan. Proses fabrikasi dipengaruhi faktor penilaian pada matrik penilaian konsep.



Gambar 3. 5 Kerangka Dan Generator



Gambar 3. 6 Sistem Transmisi *Crankshaft*



Gambar 3. 7 Hasil Akhir Alat Pembangkit Listrik Tenaga Getaran Mesin

3.6 Uji Performa Alat

Uji performa alat dilakukan pada mesin diesel 3 TAK pada Lab. Motor Bakar PPNS dan mesin diesel 1 silinder dengan besar frekuensi di angka 10-15 Hz. Hasil uji performa alat pada pengujian ke-1 alat belum dapat bekerja, getaran menggerakkan plat dengan baik tetapi plat tidak dapat mengangkat batang transmisi sesuai harapan. Penggunaan bentuk kotak sesuai rencana membuat batang lebih berat untuk bergerak tanpa bantuan *bearing* disetiap titik temu antar komponen. Pengujian ke-2 alat belum

dapat bekerja. Keadaan poros yang kurang *center* mempengaruhi banyaknya gesekan pada rel batang transmisi dan pada *bearing*, sehingga putaran poros menjadi lebih berat. Proses fabrikasi yang kurang presisi menjadi salah satu penyebab utama. Pengujian ke-3 alat belum dapat bekerja. Lintasan batang transmisi silinder mengalami gesekan besar diakibatkan adanya kemiringan, dan gesekan antara permukaan poros dan *bearing* yang lebih banyak karena terdapat 2 *bearing* juga pada pengujian ke-4 alat belum dapat bekerja.

3.7 Analisis Performa Alat

Tabel 3.3 Analisis Performa Alat Sistem Poros Engkol

Keunggulan	Kekurangan	Penanggulangan
<ul style="list-style-type: none"> • Proses fabrikasi mudah • Biaya produksi murah • Rangkain mudah <i>dimaintanance</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Siste m transmisi sulit bergerak • Peran cangan konsep desain terpilih terdapat banyak komponen yang bergesekan • Mem erlukan sumber energi besar untuk menggerakkan alat • Konst ruksi poros belum sejajar 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendesain konsep dengan mengurangi komponen yang bergesekan • Menggunakan material yang koefisien geseknya rendah • Selama proses fabrikasi menggunakan dial agar presisi

Analisis performa alat sistem poros engkol memiliki keunggulan proses fabrikasi mudah dengan 4 tahap pengerjaan meliputi pengerjaan *frame*, pengerjaan batang transmisi, pengerjaan poros engkol, proses terakhir *assembly*. Perancah konversi energi poros engkol memiliki dimensi yang cukup besar untuk mempermudah proses fabrikasi. Selaras dengan proses manufaktur mudah perancah konversi energi poros engkol memiliki biaya produksi yang murah dikarenakan proses pembuatannya tidak memakan waktu yang lama.

Rangkaian perawatan alat meliputi pelumasan pada pin, *bearing*, rel dan penggantian *bearing* jika sudah tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Selain memiliki keunggulan perancah konversi energi poros engkol juga memiliki kekurangan. Sistem transmisi yang sulit bergerak dikarenakan posisi poros engkolnya dan posisi batang transmisi yang kurang lurus menyebabkan banyaknya gesekan pada komponen sehingga pergerakannya sulit. Terkait persoalan sebelumnya terjadinya hal tersebut dikarenakan juga faktor perancangan konsep desain yang terdapat banyak komponen yang bergesekan. Solusi yang dapat diterapkan pada dua persoalan tersebut yaitu dengan merancang konsep desain yang

mempunyai komponen yang bergesekan, dapat juga menggunakan material yang koefisien geseknya rendah. Poin kekurangan berikutnya yaitu sumber energi yang besar dibutuhkan untuk menggerakkan alat. Perancah konversi energi poros engkol yang difabrikasi tidak pas di rata-rata air hal ini menyebabkan rangkaian menjadi lebih sulit bergerak. Solusi yang digunakan yaitu memperhatikan detail setiap proses fabrikasi dengan menggunakan dial selama proses fabrikasi berlangsung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Alat pembangkit listrik dirancang dengan sistem mekanik poros engkol *layout* sesuai hasil *detail drawing* pada lampiran 3 dengan bahan dasar baja ASTM A36.
2. Analisis performa alat sistem poros engkol, alat belum dapat mengkonversi getaran menjadi listrik sesuai perencanaan. Penggantian material yang digunakan pada perancah konversi energi poros engkol diharapkan dapat memperbaiki performa alat konversi energi. Ditawarkan pembangkit listrik tenaga getaran mesin dengan konsep pompa yang dapat mengkonversi getaran menjadi tegangan listrik. Hasil tegangan sebesar 0.035V dan hambatan sebesar 381.5 Ohm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang membantu penyelesaian penelitian ini terutama penulis ucapkan kepada keluarga. Terimakasih kepada dosen pembimbing, teman-teman juga seluruh civitas PPNS.

7. PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, NERACA ENERGI INDONESIA Energy Balances of Indonesia, 2020, p. 1.
- [2] C. W. Priananda, A. I. Gunawan and D. S. Purnomo, "Rancang BAngun Electrical System pada Speed Bump Pembangkit Daya," *EEPIS Final Project*, 2011.
- [3] K. Ulrich and S. Epinge, Product Design and Development, America: McGraw-Hill. Inc, 2001.
- [4] I. Sularso and K. Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Jakarta: Pradnya Paramita, 2002.