



PERANCANGAN SEPEDA STATIS PENGHASIL ENERGI LISTRIK YANG ERGONOMIS

Agri Suwandi^{1*}, Eka Maulana¹, Febrian Dio Rhapsody²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia

²Engineer, Parametrik, Synergi Building, Suite 1508, Alam Sutera, Tangerang 15325, Indonesia

*Email Penulis: agrisuwandi@univpancasila.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

NaskahDiterima 14/10/2017
NaskahDirevisi 03/11/2017
NaskahDisetujui 03/11/2017
Naskah Online 03/11/2017

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia saat ini sebesar 55.000 MW, sementara energi listrik yang mampu disuplai oleh pemerintah sebesar 32.000 MW dan sisanya disuplai oleh perusahaan swasta. Pemenuhan kebutuhan energi listrik oleh pemerintah tersebut masih banyak mengalami kendala, maka dibutuhkan sumber energi listrik baru yang ramah lingkungan. Proses perancangan sepeda statis penghasil energi listrik yang ergonomis menggunakan kombinasi metode perancangan, yaitu: *Quality Function Deployment* (QFD) dan Pahl and Beitz. Hal terpenting dari metode QFD adalah matriks *House of Quality* (HoQ) yang merupakan konversi dari kebutuhan pelanggan secara langsung terhadap spesifikasi teknis produk yang akan dihasilkan. Sepeda statis penghasil energi listrik merupakan salah satu cara dalam menghasilkan sumber energi listrik baru yang ramah lingkungan. Energi listrik yang dihasilkan oleh sepeda statis ini disimpan ke dalam aki kering yang dimanfaatkan kemudian sebagai energi listrik untuk penerangan rumah. Berdasarkan hasil HoQ dan seleksi konsep diperoleh dimensi rancangan sepeda dengan panjang 1632,6 mm, lebar 569,5 mm dan tinggi 1315 mm. Sedangkan hasil perhitungan energi yang dilakukan, bahwa energi listrik yang tersimpan dalam aki kering dengan kapasitas 120 Ah digunakan untuk penerangan rumah selama ± 10 jam dengan syarat penggunaan tiga buah lampu LED 7 Watt dan dua buah lampu LED 5 Watt.

Kata kunci: energi listrik, energi mekanik, ergonomis, sepeda statis.

1. PENDAHULUAN

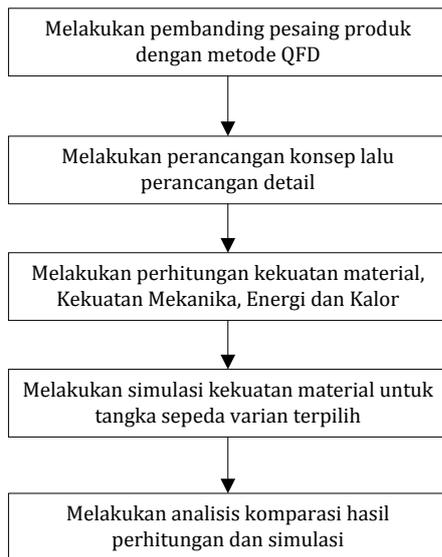
Tingginya pertumbuhan penduduk di suatu Negara sejalan dengan naiknya tingkat kebutuhan akan energi. Pemenuhan kebutuhan energi terus mengalami hambatan, terutama cadangan bahan bakar minyak semakin menipis sehingga harga minyak melambung tinggi. Dalam hal ini, pemerintah sebagai penyedia sumber energi harus dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Adanya realisasi pemerintah Indonesia untuk meningkatkan kapasitas pembangkit sebesar 10.000 kW merupakan salah satu jawaban atas persoalan kebutuhan energi listrik yang semakin besar. Berdasarkan hal itu, menurut UU No.30 Tahun 2007 tentang Energi, maka tiap daerah perlu menyusun perencanaan energi dan kelistrikan daerah dengan memanfaatkan potensi energi daerah yang bertujuan

untuk menganalisa penggunaan energi baru terbarukan dan juga energi alternatif lainnya yang mampu mengurangi kebutuhan akan bahan bakar minyak dan beralih pada penggunaan energi terbarukan (Sugiyanto, 2015). Permasalahan yang terjadi adalah pemerintah belum mampu melakukan pemerataan dalam mensuplai energi listrik. Hal ini dapat mengakibatkan daerah pedesaan yang menjadi korban. Energi baru terbarukan yang ramah lingkungan adalah salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan tersebut. Tujuan dari perancangan sepeda statis penghasil energi listrik yang ergonomis adalah sebagai solusi penyediaan alat bantu penghasil energi listrik. Diharapkan dengan sepeda statis penghasil energi listrik cara yang murah, mudah dan sehat bagi masyarakat, khususnya di pedesaan. Murah karena tidak membutuhkan bahan bakar; Mudah karena dalam hal penggunaan dan perawatan; serta

Sehat, karena bentuknya adalah sepeda statis untuk olahraga.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan sepeda statis ini menggunakan kombinasi dua metode perancangan, yaitu: QFD dan Pahl and Beitz. Seperti yang terangkum dalam Gambar 1, tahapan penelitian yang dilakukan. HoQ pada metode QFD digunakan untuk digunakan untuk mendefinisikan hubungan keinginan pelanggan dengan suatu produk (Franceschini, 2002). Selain itu, HoQ digunakan sebagai parameter dalam mengukur kemampuan dari suatu produk untuk memenuhi keinginan pelanggannya.



Gambar 1. Tahap penelitian

Metode *Pahl and Beitz* terdiri dari 4 kegiatan atau fase utama, yang masing-masing terdiri dari beberapa langkah, yaitu (Pahl & Beitz, 1996):

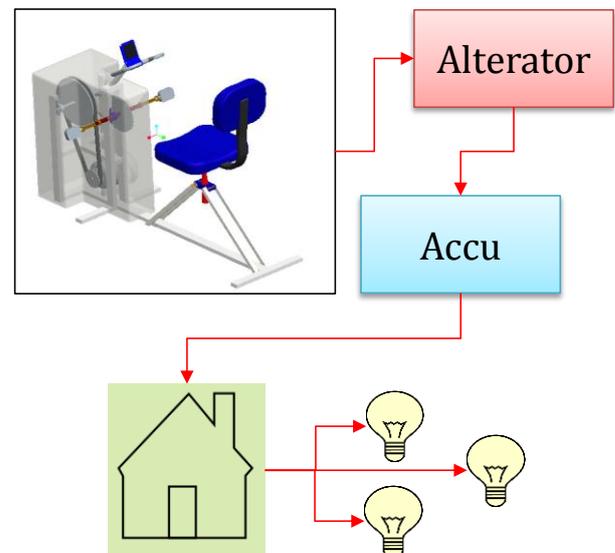
- 1) Perencanaan dan penjelasan tugas;
- 2) Perancangan konsep produk;
- 3) Perancangan bentuk produk (*embodiment design*); serta
- 4) Perancangan detail.

Sebelum merancang suatu produk dibutuhkan konsep awal rancangan dari produk tersebut. Luaran dari perancang konsep tersebut adalah sketsa gambar dari produk yang akan dirancang. Pada perancangan sepeda statis penghasil energi listrik, konsep utama dari produk ini adalah bentuk yang ergonomis. Dimana faktor ergonomis pada sepeda akan mempengaruhi kenyamanan dalam menggunakannya (Mabey & Williams, 2014). Konsep bentuk sepeda statis yang dirancang, memiliki prinsip yang sama dengan sepeda statis pada umumnya. Sepeda statis harus memiliki rangka yang kokoh dan rijd, bentuk sederhana dan mudah digunakan (Irving, et al., 2013).

Untuk sistem pembangkit listrik sepeda statis ini, menggunakan dinamo *ampere* atau biasa disebut alternator. Penelitian yang telah dilakukan oleh Hakim (Hakim, 2014) adalah menggunakan generator magnet

permanen pada sepeda statisnya, namun kelemahannya adalah minimal kecepatan putaran yang dihasilkan adalah 1500 RPM, hal tersebut menyebabkan pengguna harus memiliki energi yang lebih. Sedangkan konsep dari sepeda yang dirancang untuk digunakan oleh keluarga di desa yang mayoritas sudah berumur. Penelitian lainnya adalah menggunakan generator linier rakitan dengan menambahkan jumlah lilitan (Purnomo, 2016), namun penempatan generator yang cukup besar dapat menambah area, padahal rumah dipedesaan kebanyakan tidak luas.

Gambar 2 memperlihatkan urutan skema aliran yang terjadi pada sistem pembangkit listrik dengan sepeda statis. Untuk mendapatkan rancangan sepeda statis yang optimal, maka dilakukan perhitungan teoritis untuk memperoleh spesifikasi akhir dari sepeda yang akan dibuat. Selain perhitungan teoritis, prediksi dengan menggunakan *software* simulasi juga dilakukan. Hal tersebut dilakukan untuk membandingkan antara perhitungan teoritis dan simulasi yang telah dilakukan agar rancangan sepeda optimal.



Gambar 2. Skema penerapan sepeda statis penghasil energi listrik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan

Dalam perancangan yang dilakukan, untuk mendapatkan data produk pesaing sebagai acuan dari spesifikasi produk sepeda statis yang dikembangkan, digunakan HoQ untuk mendapatkan parameter tertentu agar dapat memenuhi keinginan penggunanya. Berdasarkan hasil kesimpulan kuesionair dan wawancara yang dilakukan, maka terdapat beberapa parameter yang harus dipertimbangkan pada produk sepeda statis penghasil energi listrik, yaitu:

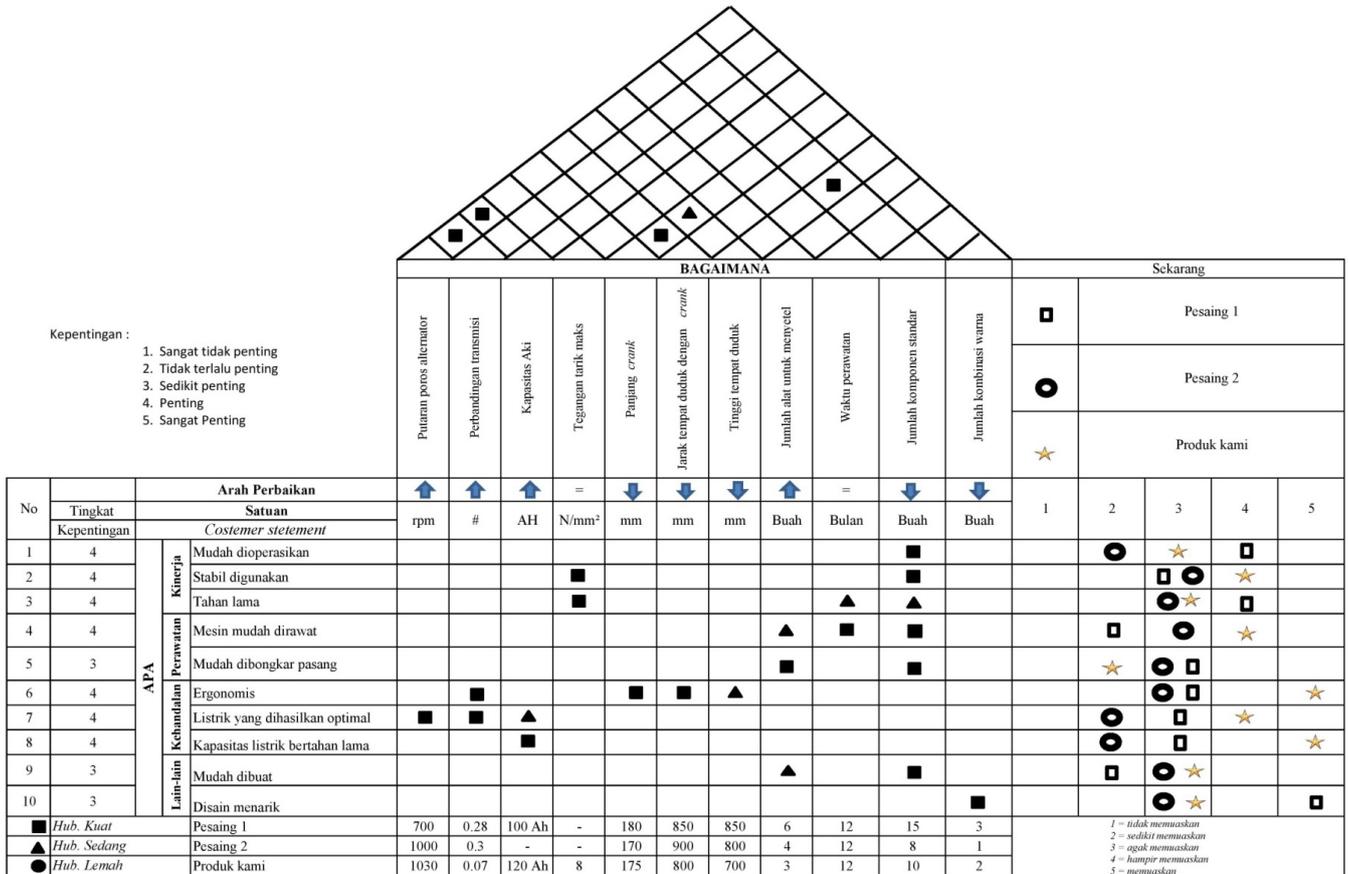
- 1) Mudah dioperasikan;
- 2) Stabil digunakan;
- 3) Tahan lama;
- 4) Ergonomis;
- 5) Listrik yang dihasilkan optimal;

- 6) Kapasitas listrik bertahan lama;
- 7) Mudah perawatan.

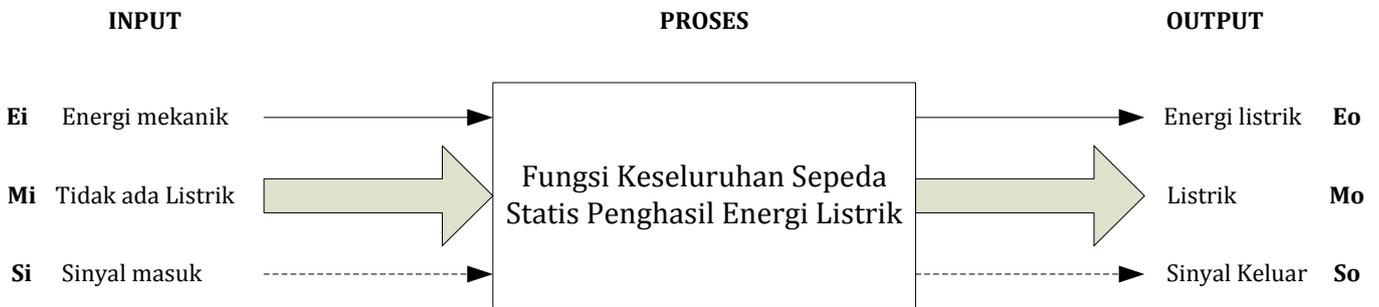
Berikut pada Gambar 3. ditampilkan HoQ dari sepeda statis penghasil energi listrik.

Tahap selanjutnya adalah membuat diagram fungsi keseluruhan dan sub fungsi dari sepeda statis penghasil energi listrik untuk mengetahui fungsi dan cara kerja sepeda statis yang dirancang, seperti yang terlihat pada

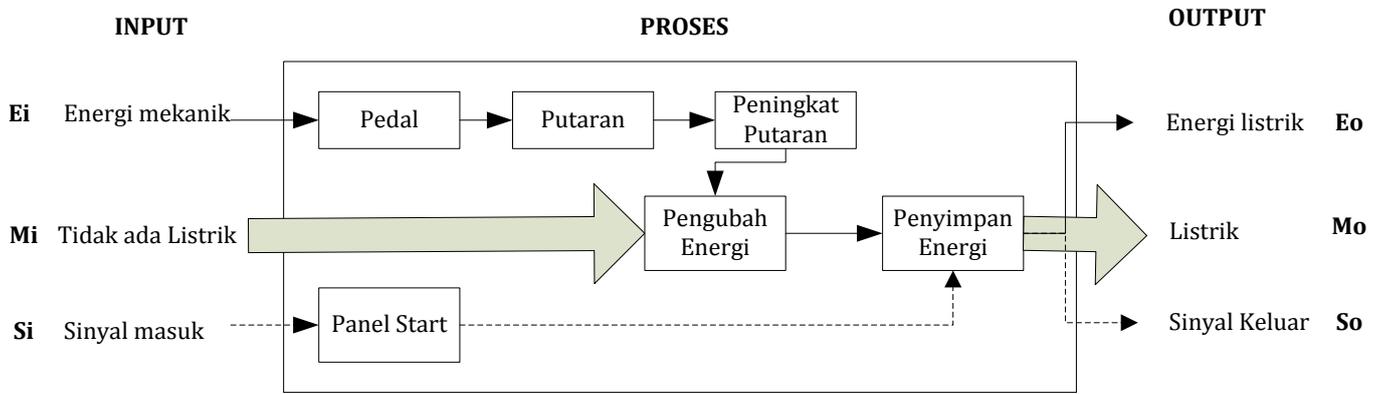
Gambar 4 dan 5. Setelah dibuatkan diagram fungsi, maka dibuatlah tabel sub fungsi dan solusi untuk nantinya dapat dijadikan acuan dalam pembuatan varian konsep desain sepeda statis penghasil energi listrik berdasarkan HoQ (lihat Tabel 1). Dari hasil tersebut didapatkan variasi konsep dari komponen terpilih untuk dibuatkan desain sepeda statis penghasil energi listrik sesuai tabel 1 tersebut.



Gambar 3. House of quality (HoQ) sepeda statis penghasil energi listrik

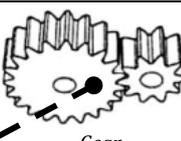
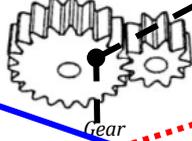
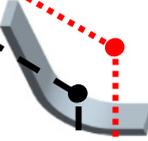
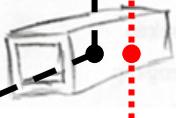


Gambar 4. Diagram fungsi keseluruhan sepeda statis penghasil energi listrik



Gambar 5. Diagram sub fungsi sepeda statis penghasil energi listrik

Tabel 1. Sub fungsi dan solusi

No	Sub Fungsi	Solusi		
		1	2	3
1	Pemindah Daya 1	 Pulley & Belt	 Rantai & Sproket	 Gear
2	Pemindah Daya 2	 Rantai & Sproket	 Gear	 Pulley & Belt
3	Penghasil Energi	 Alternator	 Generator Magnet	 Generator Linier
4	Penyimpan Energi	 Aki Basah	 Aki Kering	
5	Mengatur Tinggi Tempat Duduk	 Manual	 Pneumatik	
6	Penahan Sandaran Tempat Duduk		 Elastic plate	 Pneumatik
7	Profil Rangka		 Hollow	 Pipa
		V1	V2	V3

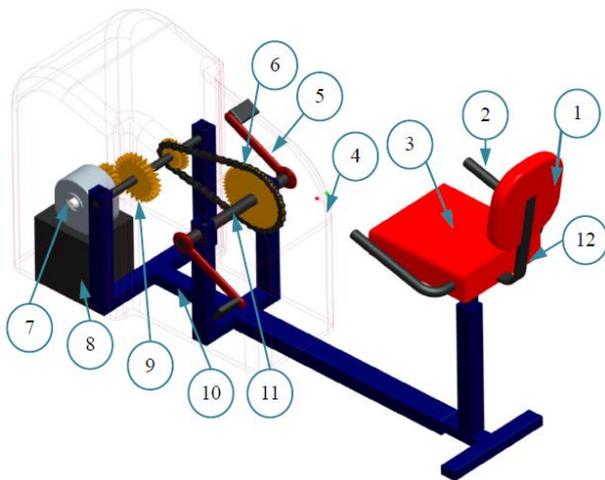
Dari hasil tersebut didapatkan variasi konsep dari komponen terpilih untuk dibuatkan desain sepeda statis

penghasil energi listrik sesuai tabel 1 tersebut. Adapun hasil dari varian kombinasi solusi tersebut adalah:

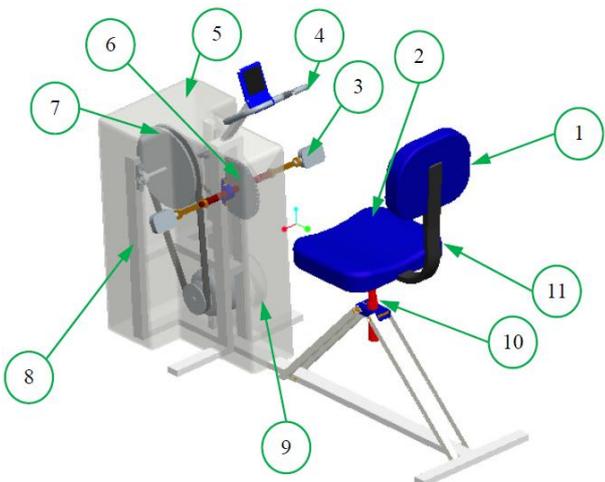
- Varian 1 → 1-3, 2-2, 3-2, 4-1, 5-1, 6-2, 7-2
- Varian 2 → 1-2, 2-3, 3-1, 4-2, 5-1, 6-2, 7-2
- Varian 3 → 1-1, 2-1, 3-3, 4-2, 5-2, 6-3, 7-3

Dalam pembuatan desain varian harus memperhatikan sisi ergonomis dan manufakturnya. Dari sisi ergonomis, desain sepeda harus memperhatikan posisi duduk pengguna ketika mengoperasikan alat tersebut. Sedangkan sisi manufaktur, komponen sepeda harus mudah dibuat dengan mesin konvensional. Gambar 6, 7 dan 8. menampilkan dari desain sepeda statis penghasil energi listrik berdasarkan hasil Tabel 1 fungsi dan solusi yang telah dibuat sebelumnya (Suwandi, et al., 2017).

Keterangan dari Gambar 5: (1). Sandaran; (2). Pegangan; (3). Tempat Duduk; (4). Cover; (5). Pedal; (6). Pemindah Daya 1; (7). Penghasil Energi; (8). Penyimpan Energi; (9). Pemindah Daya 2; (10). Rangka; (11). Poros; dan (12). Penahan Sandaran.

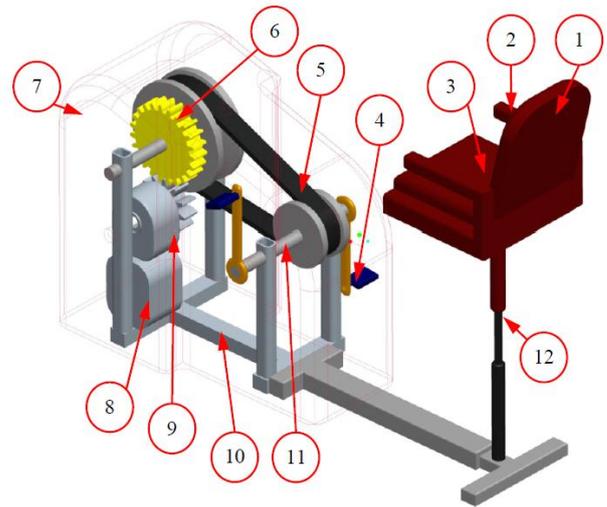


Gambar 6. Varian 1



Gambar 7. Varian 2

Keterangan dari Gambar 6: (1). Sandaran; (2). Tempat Duduk; (3). Pedal; (4). Pegangan; (5). Cover; (6). Pemindah Daya 1; (7). Pemindah Daya 2; (8). Rangka; (9). Penghasil Energi; (10). Pengatur Tinggi Tempat Duduk; dan (11). Penahan Sandaran.



Gambar 8. Varian 3

Keterangan dari Gambar 7: (1). Sandaran; (2). Pegangan; (3). Tempat Duduk; (4). Pedal; (5). Pemindah Daya 1; (6). Pemindah Daya 2; (7). Cover; (8). Penyimpan Energi; (9). Penghasil Energi; (10). Rangka; (11). Poros; dan (12). Pengatur Tinggi Tempat Duduk.

Ketiga varian yang sudah ada kemudian dinilai berdasarkan daftar kebutuhan dan evaluasi nilai seperti pada Tabel 2. Dari ketiga varian tersebut dipilih satu yang terbaik untuk dijadikan desain yang akan dikembangkan atau dibuat. Adapun keterangan nilai kriteria (Pahl & Beitz, 1996) pada Tabel 2 adalah 5 (Sangat Baik/SB) ; 4 (Baik/B); 3 (Cukup/C); 2 (Kurang/K) dan 1 (Sangat Kurang/SK).

Adapun hasil dari penilaian adalah Varian 1 = 3, Varian 2 = 4, serta Varian 3 = 2, maka untuk rancangan yang akan dikembangkan (*develop*) adalah Varian Solusi 2 untuk dibuat.

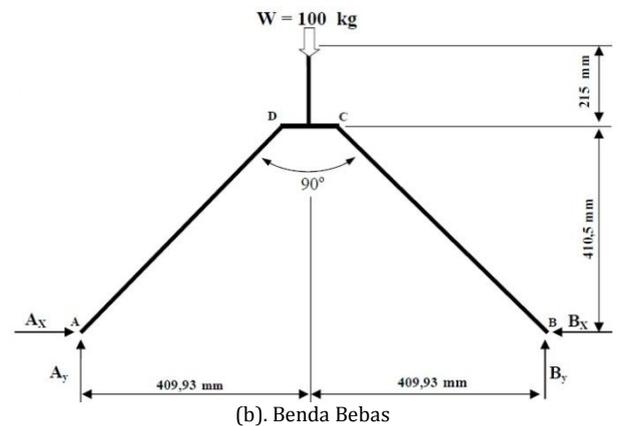
Tabel 2. Evaluasi nilai sepeda statis penghasil energi listrik

Evaluasi Kriteria	V1			V2			V3				
	Item	Poin	Nilai	Bobot	Ket.	Nilai	Bobot	Ket.	Nilai	Bobot	Ket.
Keselamatan		0,160	3	0,48	C	4	0,64	B	2	0,32	K
Sistem ketinggian tempat duduk		0,042	3	0,126	C	5	0,21	SB	3	0,126	C
Sistem jarak tempat duduk		0,042	3	0,126	C	4	0,168	B	3	0,126	C
Jumlah komponen		0,081	3	0,243	C	3	0,243	C	3	0,243	C
Standar komponen		0,099	4	0,396	B	4	0,396	B	3	0,297	C
Kemudahan merakit		0,120	4	0,48	B	4	0,48	B	4	0,48	C
Kestabilan alat		0,150	2	0,3	K	5	0,75	SB	2	0,3	B
Pengoperasian alat		0,150	4	3	B	5	0,75	SB	3	0,45	K
Total Bobot			-	3	C	-	4	B	-	2	C
Urutan Peringkat				2			1			3	
Continue?				No			Develop			No	

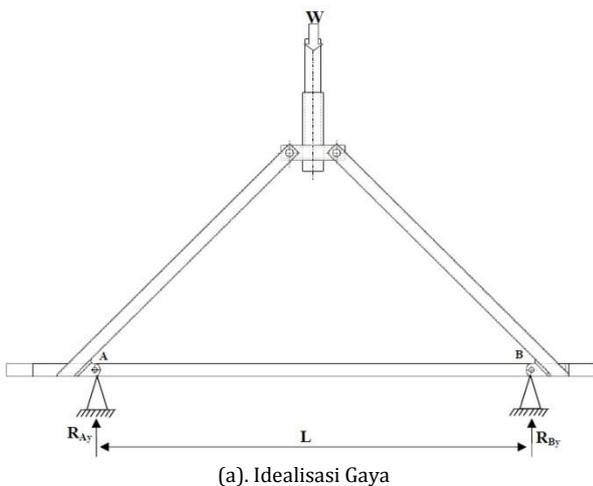
3.2. Perhitungan dan Analisis Distribusi Gaya

Perhitungan dan analisis kekuatan material pada rancangan sepeda statis penghasil energi listrik ini memiliki lima tahap, yakni:

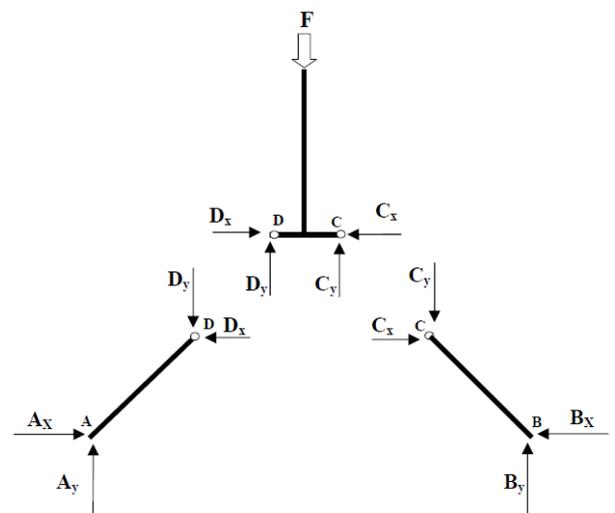
- 1) Menggambar diagram benda bebas rangka bangku, untuk mengetahui distribusi gaya-gaya yang bekerja (lihat Gambar 9);
- 2) Menggambar distribusi gaya-gaya yang bekerja pada setiap batang rangka (lihat Gambar 10);
- 3) Menghitung gaya dan tegangan yang terjadi pada rangka;
- 4) Melakukan simulasi kekuatan rangka (lihat Gambar 11);
- 5) Melakukan analisis dengan cara membandingkan hasil perhitungan dan simulasi.



Gambar 9. Diagram benda bebas rangka bangku pada sepeda statis



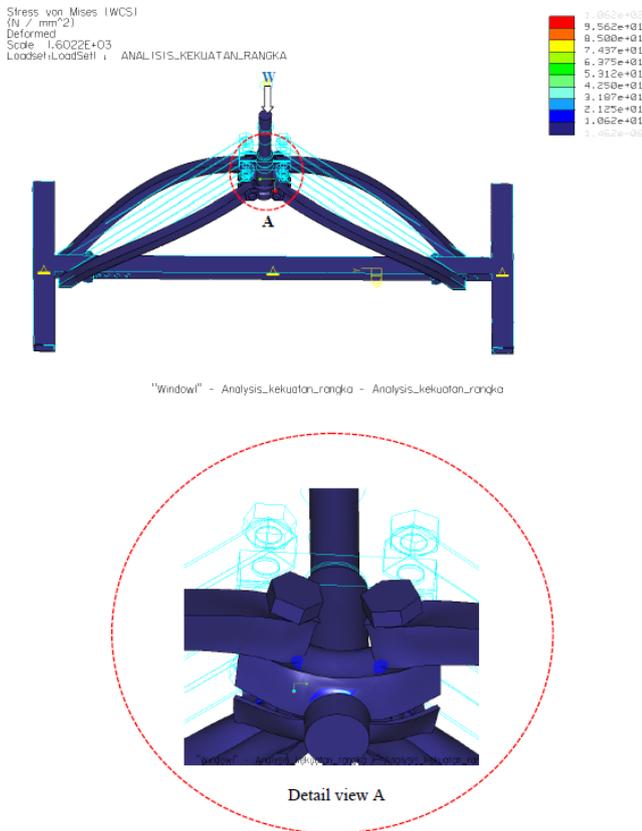
(a). Idealisasi Gaya



Gambar 10. Distribusi gaya-gaya yang bekerja pada setiap batang rangka

Berdasarkan hasil perhitungan gaya-gaya dan tegangan yang terjadi $\sigma_{teoritis}$ adalah $6,843 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan hasil simulasi kekuatan material menjelaskan bahwa tegangan *Von Mises* maksimum

(σ_{maks}) sebesar $9,562 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ (yang diindikasikan warna merah pada Gambar 10) dan tegangan *Von Mises* minimum (σ_{min}) sebesar $1,062 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ (yang diindikasikan warna biru tua seperti pada Gambar 10). Berdasarkan hal tersebut nilai tegangan *Von Mises* maksimum (σ_{maks}) masih dibawah tegangan kerja maksimum material aluminium Al – 6061 (σ_{kerja}) sebesar $13,789 \text{ N/mm}^2$ atau $\sigma_{maks} > \sigma_{kerja}$ sehingga rancangan rangka bangku sepeda statis ini sangat aman digunakan.



Gambar 11. Hasil Simulasi Rangka

3.3. Perhitungan Transmisi dan Analisis Energi Listrik

Penghasil energi listrik untuk rancangan sepeda statis ini, menggunakan dinamo *ampere* atau biasa disebut alternator, dengan spesifikasi alternator: diameter puli alternator : 72 mm; putaran maksimum : 1500 rpm; putaran minimum : 1000 rpm; tegangan *output* alternator : 12 Volt; arus *output* alternator : 30 Ampere. Jika putaran kayuhan pedal ketika seseorang bersepeda santai antara 60 – 70 rpm, maka untuk menghasilkan putaran pada puli alternator sebesar 1000 – 1500 rpm, diperlukan perbandingan transmisi yang sesuai, yaitu: diameter puli besar = 235 mm atau 9,25 inci; diameter puli kecil = 72 mm, Sehingga untuk spesifikasi belt yang digunakan adalah, *belt* - V tipe C dengan panjang keliling *belt* (L) sebesar 1495,7 mm mengacu pada tebal ukuran standar *belt* maka panjang keliling *belt* (L) yang digunakan adalah sebesar 1499 mm atau 59 *inch*.

Putaran pada alternator kendaraan roda empat sebesar 1030 rpm menghasilkan arus pada alternator

sebesar 8,5 A serta tegangan *output* sebesar 13,5 V, maka daya yang dibangkitkan adalah 114,75 Watt. Pada pemakaian sepeda statis berlangsung, jika sepeda statis digunakan selama 6 jam/hari maka total energi yang dihasilkan oleh sepeda statis adalah 688,5 Wh, Sedangkan untuk total arus yang dihasilkan oleh alternator adalah 51 Ah.

Spesifikasi *battery* atau aki yang digunakan adalah aki kering dengan kapasitas yang dibutuhkan tidak kurang dari total arus yang dihasilkan oleh pemakaian sepeda statis. Total arus yang dihasilkan atau nilai *Ampere hour* (Ah) sebesar 51 Ah. Sesuai dengan ketentuan penggunaan *deep cycle battery* yang hanya di-*discharge* sedalam 50% dari kapasitas totalnya, maka total nilai Ah sebesar 51 Ah dikali 2, menjadi 102 Ah. Kapasitas yang harus dimiliki oleh aki atau *battery* adalah minimal sebesar 102 Ah. Sehingga aki yang digunakan adalah aki 12V 120 Ah untuk digunakan menyimpan hasil energi listrik dari sepeda statis.

Jika penerangan rumah menggunakan lampu hemat energi dengan spesifikasi LED 5 Watt DC 12 Volt dan LED 7 Watt DC 12 Volt, maka sumber energi listrik untuk penerangan rumah tersebut dapat memanfaatkan listrik yang tersimpan dalam aki atau *battery* hasil dari sepeda statis penghasil energi listrik. Untuk perhitungan simulasi kebutuhan energi listrik total untuk penerangan rumah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Simulasi perkiraan jumlah kebutuhan energi listrik untuk penerangan rumah

Lokasi	Jumlah Lampu (Buah)	Daya lampu (Watt)	Lama Pemakaian (Hour)	Jumlah Arus Pemakaian (Ah)
Ruang Tamu	1	7	5	2,9
Kamar	2	5	10	8,4
Teras	1	7	10	5,8
Dapur	1	7	5	2,9
Total				20

Bila kondisi aki yang digunakan dalam dalam keadaan penuh 90% maka kapasitas aki sebesar 108 Ah, kemudian digunakan untuk penerangan rumah sehingga kapasitas aki menjadi 88 Ah (kapasitas aki dikurang total arus yang digunakan). Tingkat kehilangan muatan pada aki sebesar 32 Ah, maka untuk mengisi kembali kapasitas aki hingga 100% atau 120 Ah dibutuhkan waktu pengisian selama 4,5 *hour* (dengan faktor hambatan sebesar 1,2). Sehingga lamanya penggunaan sepeda statis untuk mengisi kembali kapasitas aki yang telah hilang muatan sebesar 32 Ah adalah 4,5 *hour*.

Jika seseorang olah raga dengan sepeda statis dengan kecepatan sedang hingga tinggi menghasilkan kalori 8,788 kkal/menit. Sehingga dalam 30 menit energi yang dikeluarkan orang tersebut sebesar 263,64 kkal dan energi listrik yang dihasilkan oleh alternator adalah 57,375 Wh (dengan arus sebesar 4 Ah). Maka untuk menghasilkan energi listrik sebesar 57,375 Wh energi yang dikeluarkan oleh tubuh manusia sebesar 263,64 kkal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan didapatkan Varian terbaik yang terpilih yaitu Varian 2 dengan bobot nilai sebesar 4 dan memiliki ukuran dimensi panjang 1632,6 mm, lebar 569,5 mm dan tinggi 1315,0 mm.; (2) Hasil perhitungan dan simulasi kekuatan material bahan aluminium yang digunakan untuk rancangan rangka sepeda statis ini aman ($\sigma_{maks} > \sigma_{kerja}$); (3) Dengan penggunaan sepeda statis penghasil energi listrik selama 30 menit untuk orang dewasa, maka listrik yang dihasilkan sebesar 57,375 Wh dengan arus 4 Ah; (4). Energi listrik yang disimpan ke dalam aki 12 volt dengan kapasitas 120 Ah dapat dimanfaatkan untuk penerangan rumah selama 10 jam yang terdiri dari tiga buah lampu LED 7 Watt dan dua buah lampu LED 5 Watt dengan arus aki yang terpakai sebesar 20 Ah; (5) Dengan sepeda statis yang dirancang dibutuhkan 4 sampai 5 jam pemakaian sepeda statis untuk mengisi kembali energi listrik yang terpakai pada aki kering.

Secara keseluruhan kesimpulan dari hasil perancangan dan analisis perhitungan serta simulasi, sudah menjawab desain sepeda ergonomis yang akan dibuat. Namun untuk kemudahan dan biaya proses manufaktur perlu pembuktian lebih lanjut dengan pembuatan dan pengujian kinerja sepeda statis penghasil energi listrik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Franceschini, F. 2002. *Advanced Quality Function Deployment*, 1st ed.. Florida: CRC Press.
- Hakim, M. W. 2014. *Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Dengan Memanfaatkan Generator Magnet Permanen Pada Sepeda Statis*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Irving, C., Harrington, J. J., Stewart, B. C., & Lofgren, M. S. 2013. Patent No. US20130157813A1. United States of America.
- Mabey, P., & Williams, S. 2014. Patent No. US20140221158A1. United States of America.
- Pahl, G., & Beitz, W. 1996. *Engineering Design A Systematic Approach*. Spriner-Verlag, London: The Design Counciln.
- Purnomo, A. 2016. *Pemanfaatan Sepeda Statis dengan Generator Linier untuk Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sugiyanto, D. 2015. Rancang Bangun Sistem Sepeda Energi Surya dengan Memanfaatkan Solar Cell. *Momentum*, 11(1), 34-37.
- Suwandi, A., Fadli, I. R., & Maulana, E. 2017. Perancangan Konsep Mesin Filling Press Pada Budidaya Jamur Tiram. *Jurnal Flywheel*, III(1), 1-9.