

Perancangan Sepeda Roda Tiga Pasca Stroke Dengan Mekanisme Penggerak Elektrik

Rosadila Febritasari^{1*}, Gerald Adityo Pohan¹, Febi Rahmadiano¹, Tito Arif Sutrisno¹, Ajiman Budi Mardika¹, Achamd Alphafill Ibrahimy Yusuf¹, Agung Rusdi Wibowo¹, Subur Sujatmiko¹, Mohammad Rahma Dhani¹

¹Program Studi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

Email: rosadila@lecturer.itn.ac.id

ABSTRACT

Konstruksi sepeda roda tiga memiliki keseimbangan yang baik dan dapat meminimalisir resiko terguling sehingga aman menjadi media rehabilitasi fisik bagi penderita stroke dan sangat berguna dalam memulihkan pergerakan motorik pada kaki dan mengurangi tekanan hidup penderita stroke. Namun, pada kondisi tertentu seperti di tanjakan dan kelelahan, penderita stroke tidak memiliki cukup tenaga untuk mengayuh sepeda ke rumah mereka. Oleh karena itu, perlu dirancang sebuah mekanisme penggerak elektrik (*electric support*) dengan motor listrik pada sepeda roda tiga konvensional dan dilengkapi dengan baterai untuk menyimpan sumber listrik, disamping dapat dikayuh secara manual. Dengan tujuan, penderita stroke dapat kembali pulang dengan menyalakan motor listrik yang membuat kayuhan menjadi lebih ringan terlebih lagi di jalan menanjak. Penelitian ini dilakukan dengan cara menentukan tenaga dorong yang diperlukan, merancang dan menyeleksi konsep mekanisme gerak sepeda elektrik, kemudian menganalisa kekuatan material pada rangka dan keergonomisan berkendara. Hasil yang didapat dari penelitian ini berupa rancangan sepeda roda tiga elektrik model delta dengan dimensi panjang sepeda 1.5 meter, jarak antara roda belakang adalah 0.66 meter, dan tinggi sepeda 1.1 meter. Mekanisme penggerak elektrik terdiri dari motor listrik 500W bertipe *mid-drive* dengan *Pedal Assistance Sensor* (PAS) dan baterai Lithium berkapasitas 48V-14Ah. Rancangan sepeda ini mampu menahan beban pengendara maksimal 100 kg, dan akan digunakan di jalan menanjak. Material rangka adalah AISI Aluminium 6061 dengan tegangan yang diijinkan sebesar 277.6 ± 8.3 MPa. Hasil analisis kekuatan material menunjukkan tegangan kritis rangka sebesar 84.932 MPa terjadi pada daerah pertemuan pipa seat stay dan sandaran. Tegangan kritis yang terjadi lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan sehingga dinyatakan aman.

Kata Kunci: pasca stroke, sepeda roda tiga listrik, sensor bantuan pedal, *frame*

PENDAHULUAN

Di dunia kesehatan dan rehabilitasi, sepeda roda tiga dapat digunakan sebagai media terapi pasca stroke di rumah sakit, membantu anggota gerak tubuh bawah (*lower extremity*) bergerak lebih sering dan secara tidak langsung otot-otot pada anggota gerak tubuh bawah ikut berfungsi semua (*compound movement*) baik otot yang lemah maupun otot yang kuat [1], [2].

Namun demikian, dalam kenyataan beberapa masalah muncul pada penderita stroke yang melakukan rehabilitasi fisik di luar Rumah Sakit, misalnya di jalan umum, ketika penderita kelelahan mengayuh, maka mereka harus berhenti beberapa saat, menunggu tenaga pulih kembali, kemudian baru melanjutkan kayuhan lagi. Jika kita melihat kondisi jalan di Indonesia yang cenderung tidak selalu datar/ rata, khususnya jalan di daerah permukiman, akan menjadi sebuah kendala bagi penderita stroke yang ingin bersepeda. Disamping itu, jika tempat tinggal penderita stroke berada di atas dataran yang cukup tinggi dan mengharuskan mereka melewati beberapa tanjakan, maka mereka harus mengayuh sepeda dengan sekuat tenaga, padahal penderita stroke memiliki kelemahan otot pada anggota gerak tubuh yang menyebabkan penderita tidak mampu menggerakkan otot dengan baik [3]–[6]. Hal ini menyebabkan penderita stroke tidak bisa bersepeda terlalu lama terlebih lagi di medan jalan yang menanjak, karena penderita stroke kesulitan dalam mengatur irama kayuhan dan menguras tenaga.

Untuk mengatasi permasalahan yang diuraikan di atas, dirancang dan dibuat mekanisme penggerak motor listrik untuk melengkapi kayuhan manual sepeda selama ini [7], [8]. Mekanisme akan dilengkapi dengan motor listrik, baterai penyimpan arus, layar LCD, *magnetic brake cut-off sensor*, *pedal assistance sensor* (PAS), dan *speed detecting sensor*. Tujuan penambahan pedal assistance sensor (PAS) pada sepeda roda tiga ini, bukan untuk keperluan terapi fisik, melainkan untuk mempermudah penderita stroke melakukan mobilitas dengan sepeda, misalnya ketika penderita stroke ingin bersepeda keliling tempat tinggal dan mulai lelah mengayuh atau ketika bersepeda harus melewati beberapa jalan menanjak, maka PAS dapat dinyalakan, sehingga motor akan berputar dan membantu kayuhan kaki terasa lebih ringan [9]–[13]. Disamping membantu kayuhan, penambahan PAS juga sangat perlu untuk mencegah terjadinya serangan stroke susulan akibat jantung berdetak terlalu cepat, karena penderita bersepeda terlalu keras. Oleh karena itu, perancangan sepeda roda tiga elektrik dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan terapi dan kebutuhan mobilitas.

METODE PENELITIAN

Perancangan sepeda roda tiga dengan mekanisme penggerak elektrik diantaranya, pertama, daftar kebutuhan akan sebuah produk diobservasi berdasarkan kebutuhan penderita stroke. Kedua, perhitungan tenaga dorong yang diperlukan untuk menjalankan sepeda. Ketiga, perancangan dan penyeleksian konsep sepeda. Keempat, kekuatan material pada rangka dianalisa untuk mengetahui keamanan rangka [14], [15]. Dan terakhir, dilakukan analisa ergonomis pada pengendara. Kedua analisa ini dilakukan menggunakan CAD Software Opensource.

Massa komponen sepeda

Massa seluruh komponen sepeda yang perlu dipertimbangkan dalam perhitungan tenaga dorong dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1. DAFTAR MASSA KOMPONEN YANG DIPERTIMBANGKAN

KOMPONEN	MASSA (KG)	KETERANGAN
PENGENDARA/ PASIEN	100	BERAT MAKSIMAL PENGENDARA UNTUK MENAIKI SEPEDA
RANGKA DAN AKSESORIS (ASSEMBLY SERAITS)	24	BOBOT SEPEDA TIDAK LEBIH DARI 25 KG
MOTOR DAN GEAR	6	BERAT MOTOR DAN GEAR PADA UMUMNYA DI PASARAN
BATERAI	6	BERAT BATERAI PADA UMUMNYA DI PASARAN
POWER CONTROLLER	1	BERAT POWER CONTROLLER PADA UMUMNYA DI PASARAN
TOTAL MASS	137	

Perhitungan Tenaga Dorong

Di jalan menanjak, sepeda akan mengalami pengaruh yang ekstrim seperti pengaruh aerodinamik/ *aerodynamic drag resistance*, gelinding/ *rolling resistance*, dan sudut kemiringan jalan yang mana dapat dilihat pada Gambar 1.

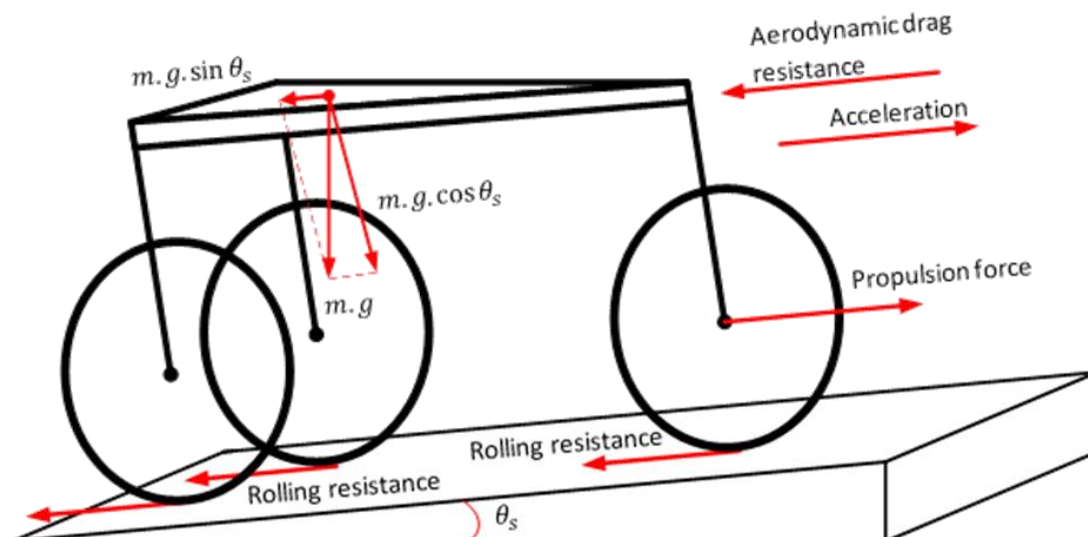


Fig. 1. Free body diagram sepeda roda tiga pada jalan menanjak

Gambar 1 menunjukkan *free body diagram* sepeda roda tiga yang dipengaruhi oleh perubahan sudut kemiringan jalan.

$$\begin{aligned}
 F_p - R_R - R_S - R_A &= m \cdot a \\
 F_p &= R_R + R_S + m \cdot a
 \end{aligned}$$

$$F_p = m \cdot g \cdot C_r \cos \theta_s + mg \sin \theta_s + m \cdot a \quad (1)$$

Dimana F_p adalah *propulsion force*, R_r adalah *rolling resistance*, R_s adalah *slope resistance*, and R_a adalah *aerodynamic drag resistance that can be ignored*. Persamaan percepatan (a) diperoleh dari standar kecepatan yang diijinkan terhadap range waktu terapi $\Delta t = 30$ menit, sebagai berikut.

$$\begin{aligned} a &= \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t} \\ a &= \frac{(6-4) \text{ km/jam}}{30 \text{ menit}} \\ a &= \frac{(1.667 - 1.111) \text{ m/s}}{1800 \text{ s}} \\ a &= 3.08642 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Persamaan tenaga dorong dituliskan sebagai berikut.

$$P_p = F_p \times v \quad (3)$$

Maka nilai tenaga dorong dapat dilihat pada tabel 2.

TABLE I. HASIL PERHITUNGAN GAYA DORONG DAN TENAGA DORONG

θ_s	Rolling resistance	Slope resistance	Propulsion force	Tenaga dorong	
				Kecepatan 4 km/jam	Kecepatan 6 km/jam
1°	16.13 N	23.46 N	39.6229 N	44.03 W	66.04 W
2°	16.12 N	46.90 N	63.0638 N	70.07 W	105.11 W
3°	16.11 N	70.34 N	86.4855 N	96.10 W	144.14 W
4°	16.09 N	93.75 N	109.8809 N	122.09 W	183.13 W
5°	16.07 N	117.13 N	133.2428 N	148.05 W	222.07 W
6°	16.04 N	140.48 N	156.5642 N	173.96 W	260.94 W
7°	16.01 N	163.79 N	179.8378 N	199.82 W	299.73 W
8°	15.97 N	187.04 N	203.0567 N	225.62 W	338.43 W
9°	15.93 N	210.24 N	226.2138 N	251.35 W	377.02 W
10°	15.88 N	233.38 N	249.3020 N	277.00 W	415.50 W

Jadi, gambar detail rancangan 2D sepeda elektrik dapat dilihat pada gambar 2.

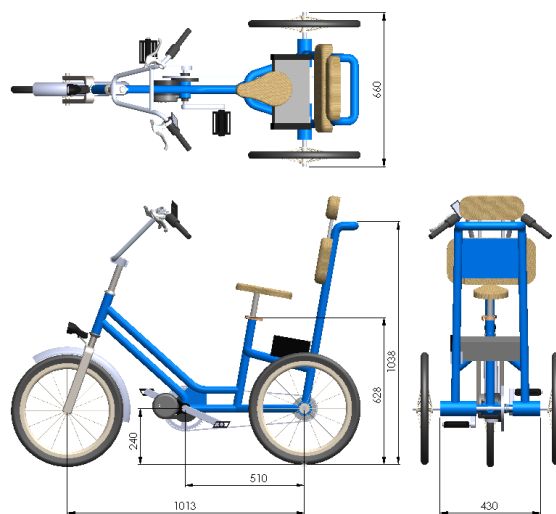


Fig. 2. Proyeksi sepeda elektrik dan dimensinya

Selanjutnya rangka sepeda roda tiga elektrik dianalisis kekuatan material untuk mengetahui berapa besar tegangan dan *displacement* yang terjadi pada material sehingga dapat dianalisis apakah material gagal atau tidak dalam menahan beban desain. Rancangan sepeda ini didesain untuk dapat menahan beban hingga 100 kg.

Pemodelan Rangka Sepeda

Rangka sepeda didesain menggunakan software CAD. Dimensi dari rancangan rangka sepeda roda tiga elektrik dapat dilihat pada gambar 3.

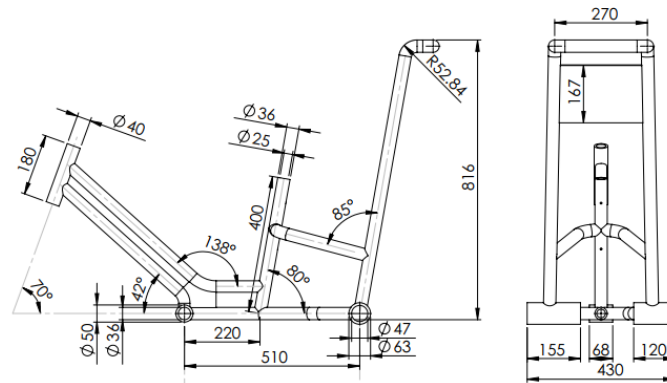


Fig. 3. Dimensi Rancangan Rangka sepeda roda tiga elektrik

Meshing

Selanjutnya, meshing pada rangka sepeda dilakukan dengan memperhatikan ukuran meshing (*meshing size*). Semakin kecil *meshing size* yang diberikan maka model akan semakin representatif dalam menggambarkan simulasi, namun *meshing size* yang kecil membutuhkan perangkat keras yang memadai dan juga waktu yang lama untuk simulasi. Metode *meshing* yang digunakan untuk *rigid body* adalah *automatic mesh* dengan *sizing* sebesar 10 mm seperti gambar 4.



Detail mesh	Nilai
Jenis mesh	Quadhedron mesh
Jumlah nodes	66274
Jumlah elements	20742
Ukuran mesh	10 mm

Fig. 4. Hasil *meshing* di ANSYS

Penetapan boundary condition

Rangka sepeda menggunakan material Alumunium 6061-T6 dengan dengan *tensile yield strength* 277.6 ± 8.3 Mpa. Simulasi *static structural* dilakukan dengan ANSYS *workbench* dan menetapkan *boundary condition* yaitu *fixed support* pada bagian *head tube* dan *rear end*, seperti dapat dilihat pada gambar 5.

Pemberian beban/load

Pemberian beban/*load* berdasarkan distribusi pembebanan dari ergonomi tubuh pengendara sendiri dari *head*, *neck*, *torso*, *arm* dan lain-lain [16]–[18]. Pembebanan/*load* yang diberikan pada rangka dalam simulasi *static structural* ada 4 gaya dan berat pengendara sebesar $W=100$ kg, sebagai berikut.

- Gaya F_1 terdapat gaya total arm $(0.0505W + 0.01)$ ditambah berat power controller (1 kg) :

$$F_1 = ((0.0505W + 0.01) + m_{\text{power controller}}) \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_1 = 59.4486 \text{ N}$$

- Gaya F_2 terdapat gaya total leg $(0.1582W + 0.05)$ ditambah berat motor listrik dan crank set (6 kg):

$$F_2 = ((0.1582W + 0.05) + m_{\text{motor listrik \& crank set}}) \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_2 = 214.5447 \text{ N}$$

- Gaya F_3 terdapat gaya head, neck and torso $(0.5940W - 2.20)$ ditambah dengan upper arm $(0.0274W - 0.01)$ ditambah berat baterai (6 kg) :

$$F_3 = ((0.5940W - 2.20) + (0.0274W - 0.01) + m_{\text{baterai}}) \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_3 = 646.7733 \text{ N}$$

- Gaya F_4 terdapat gaya neck and torso $(0.5582W - 4.26)$:

$$F_4 = (0.5582W - 4.26) \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_4 = 505.8036 \text{ N}$$

Pembebanan/load yang diberikan pada rangka dapat dilihat pada gambar 5.

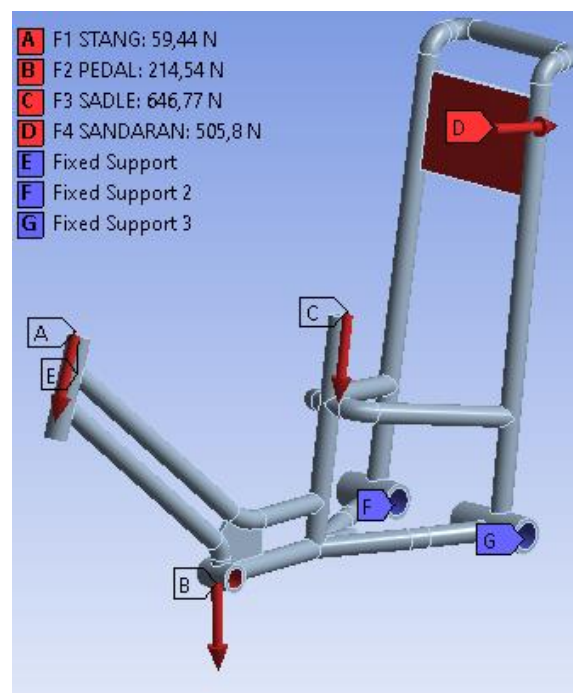


Fig. 5. Free Body Diagram Rangka Sepeda Roda Tiga Elektrik

Keterangan :

Simbol	Keterangan
F_1	: Gaya berat pengendara pada <i>head tube</i>
F_2	: Gaya berat pengendara pada <i>bottom bracket</i>
F_3	: Gaya berat pengendara pada <i>seat post</i>
F_4	: Gaya berat pengendara pada pipa sandaran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi

Dengan menggunakan ukuran *mesh* 1.5 mm, pemodelan dijalankan sesuai dengan pemodelan yang telah diatur. Respon yang ditinjau adalah *total deformation*, *maximum tensile strength*, dan *safety factor*. Hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 6, 7, dan 8.

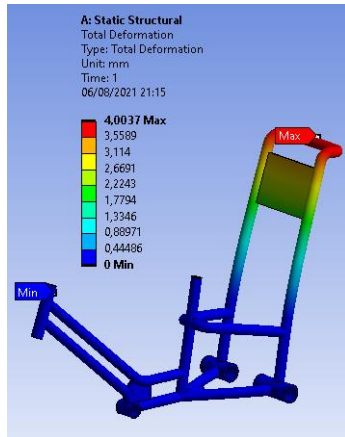


Fig. 6. Hasil simulasi: *total deformation*

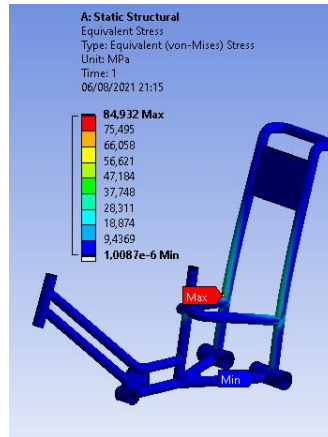


Fig. 7. Hasil simulasi: *maximum tensile strength*

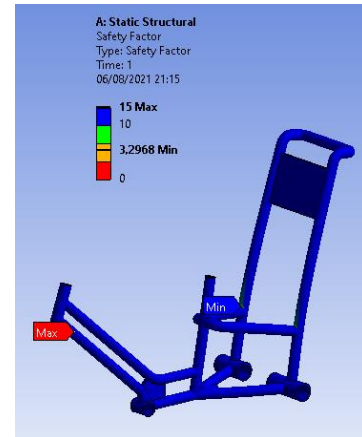


Fig. 8. Hasil simulasi: *safety factor*

Gambar 6 menunjukkan *total deformation* yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada rangka adalah 4 mm yang terjadi pada daerah sandaran. Gambar 7 menunjukkan *maximum tensile strength* sebesar 84.932 MPa yang terjadi pada daerah pertemuan pipa *seat stay* dan sedangkan gambar 8 menunjukkan *safety factor* sebesar 3.29.

Mekanisme gerak sepeda elektrik

Sepeda roda tiga elektrik ini bertipe delta yaitu 1 roda di depan dan 2 roda di belakang, semua roda berukuran 16 inch seperti dapat dilihat pada gambar 9.

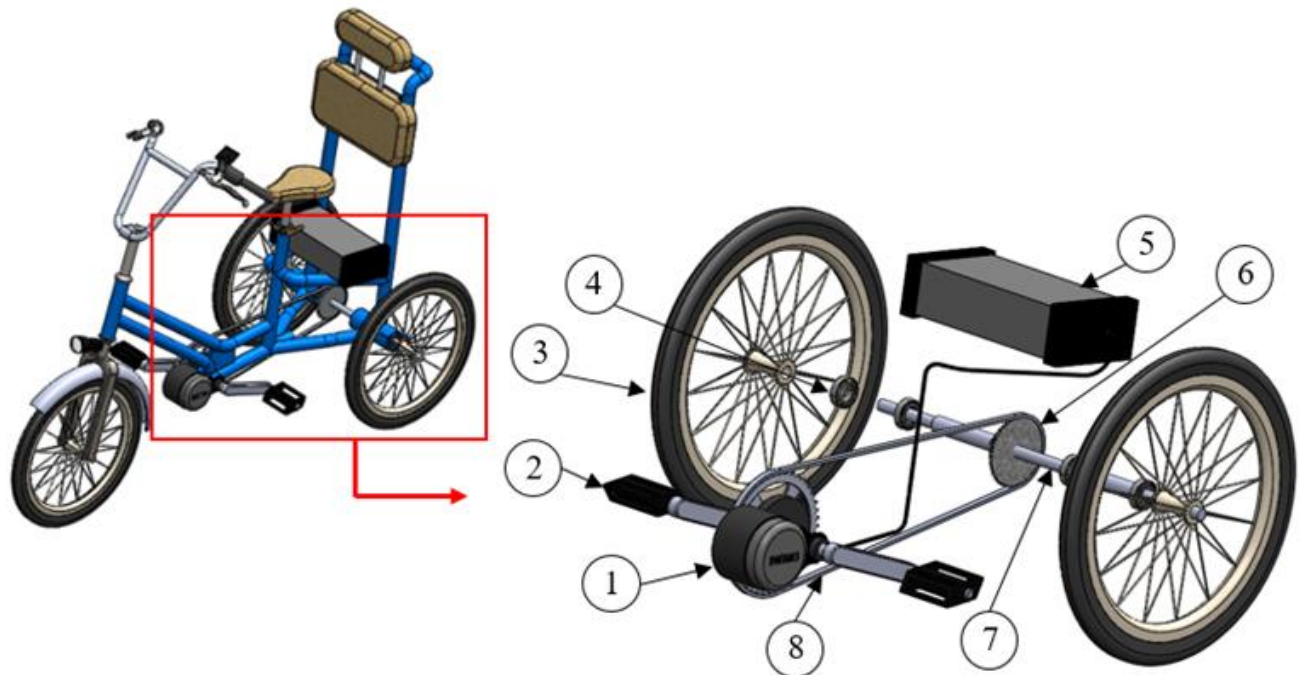


Fig. 9. Mekanisme penggerak roda belakang sepeda elektrik

TABLE II. KOMPONEN PADA PENGGERAK RODA BELAKANG

Nomor	Nama komponen	Nomor	Nama komponen
1	Motor Listrik	5	Baterai dan kabel
2	Pedal dan <i>crank set</i>	6	<i>Sprocket 6 speeds</i>
3	Roda belakang	7	Poros belakang
4	<i>Bearing</i>	8	Rantai sepeda

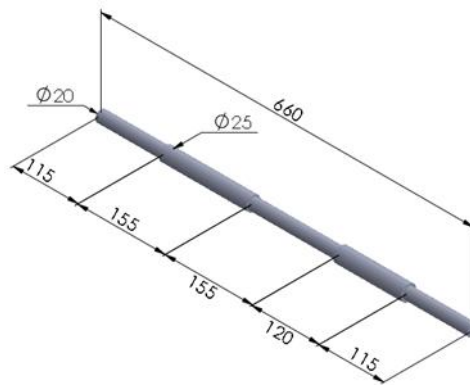


Fig. 10. Dimensi Poros

Gambar 9 menunjukkan sepeda elektrik tersusun atas 1 roda depan berfungsi sebagai *dead wheel* sedangkan 2 roda belakang berfungsi sebagai *drive wheel*. Mekanisme penggerak utama sepeda berada di motor listrik dan pedal maka selanjutnya dapat disebut sebagai *pedelec* singkatan dari '*pedal*' dan '*electric*' yang menunjukkan bahwa motor listrik akan menyala jika pengendara mengayuh sepeda dan secara bertahap mengurangi tenaga kayuh pengendara sebelum mencapai kecepatan tertentu. Sepeda roda tiga elektrik menggunakan motor listrik standar tipe *mid-drive* dengan tenaga 500W 48V. Di dalam motor, terdapat sensor kayuh (*pedal assistance sensor/ PAS*) yang berfungsi untuk mendeteksi gerakan kayuhan pedal (*cadence*). Ketika gerakan kayuhan pedal terdeteksi maka motor listrik akan menyala dan memberikan torsi motor mencapai kecepatan yang telah diatur pengendara. Torsi motor ditransmisikan melalui rantai ke *sprocket* yang terhubung ke poros belakang sehingga roda belakang dapat berputar mendorong sepeda. Adapun sensor *Brake Cutoff/ Magnetic Sensor* dan *speed detecting sensor*. Poros pada roda belakang terbuat dari Steel AISI 1040 dengan panjang 660 mm dan diameter 25 mm dan 20 mm, seperti gambar 10. Poros ini akan dipasangkan dengan 2 roda belakang, 2 *hub*, 4 *bearing*, *sprocket*, dan rem. Baterai yang digunakan adalah baterai Litium dengan kapasitas luaran voltase (*output voltage*) sebesar 48 V yang menjadi kebutuhan *input voltage* dari motor, sedangkan arus listrik sebesar 14 Ah dengan dimensi 125×76×265 mm³. Baterai diletakkan di pipa penghubung *seatpost* dan sandaran.

KESIMPULAN

Mekanisme penggerak utama sepeda roda tiga elektrik berada di motor listrik dan pedal dapat disebut sebagai *pedelec* singkatan dari '*pedal*' dan '*electric*' yang menunjukkan bahwa motor listrik akan menyala jika pengendara mengayuh sepeda dan secara bertahap mengurangi tenaga kayuh pengendara sebelum mencapai kecepatan tertentu. Di dalam motor, terdapat sensor kayuh (*pedal assist sensor*) yang berfungsi untuk mendeteksi gerakan *crank* pedal (*cadence*). Ketika gerakan *crank* pedal terdeteksi maka motor listrik akan menyala dan memberikan torsi motor mencapai kecepatan yang telah diatur pengendara. Komponen pada mekanisme penggerak di sepeda roda tiga elektrik adalah sebagai berikut.

Komponen	Keterangan
Motor listrik	: Tipe mid-drive, tenaga 500W 48V
Sensor pendukung	: <i>Pedal Assistance Speed sensor, Brake Cutoff/ Magnetic sensor</i> , dan <i>speed detecting sensor</i>
Baterai Litium	: Tegangan 48V, Kuat arus 14 A
Poros	: Steel AISI 1040, panjang 660 mm dan diameter 25 mm dan 20 mm
Roda	: 16 inch
Sprocket	: 6 speeds

REFERENCES

- [1] T. Fujiwara, M. Liu, and N. Chino, "Effect of Pedaling Exercise on the Hemiplegic Lower Limb," *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 82, no. 5, pp. 357–363, 2003, doi: 10.1097/01.phm.0000064722.01940.e4.
- [2] S. Ferrante *et al.*, "A biofeedback cycling training to improve locomotion: A case series study based on gait pattern classification of 153 chronic stroke patients," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 8, no. 1, 2011, doi: 10.1186/1743-0003-8-47.
- [3] L. Ada, C. G. Canning, and S. L. Low, "Stroke patients have selective muscle weakness in shortened range," *Brain*, vol. 126, no. 3, pp. 724–731, 2003, doi: 10.1093/brain/awg066.
- [4] I. M. L. Batan, D. A. K. Wardani, and H. Luthfiyanto, "Use procedures tricycle for physical rehabilitation of stroke patients," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1778, no. October, 2016, doi: 10.1063/1.4965804.
- [5] I. M. Londen Batan, T. N. A. Sukma Lutiawan, and L. A. Salim, "Tricycle Applications for Physical Therapy Sufferers," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 588, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/588/1/012034.
- [6] R. Febritasari and I. M. L. Batan, "Implementation Fugl Meyer Assessment of Lower Extremity Method to Develop a Post-stroke Rehabilitation Procedure Using ITS Tricycle," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 598, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/598/1/012092.
- [7] O. Greenhalgh *et al.*, *An exploration of stroke survivors' perspectives on cycling and the use of electric bikes*, vol. 40, no. 2, 2019. doi: 10.3233/PPR-190133.
- [8] B. Gojanovic, J. Welker, K. Iglesias, C. Daucourt, and G. Gremion, "Electric bicycles as a new active transportation modality to promote health," *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 43, no. 11, pp. 2204–2210, 2011, doi: 10.1249/MSS.0b013e31821cbdc8.
- [9] B. Sperlich, C. Zinner, K. Hebert-Losier, D. P. Born, and H. C. Holmberg, "Biomechanical, cardiorespiratory, metabolic and perceived responses to electrically assisted cycling," *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 112, no. 12, pp. 4015–4025, 2012, doi: 10.1007/s00421-012-2382-0.
- [10] T. W. Janssen *et al.*, "Effects of Electric Stimulation-Assisted Cycling Training in People With Chronic Stroke," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 89, no. 3, pp. 463–469, 2008, doi: 10.1016/j.apmr.2007.09.028.
- [11] M. Chavarrias, J. Carlos-Vivas, and J. Pérez-Gómez, "Health benefits of zumba: A systematic review," *J. Sport Heal. Res.*, vol. 10, no. 3, pp. 327–337, 2018.
- [12] B. de Geus, F. Kempenaers, P. Lataire, and R. Meeusen, "Influence of electrically assisted cycling on physiological parameters in untrained subjects," *Eur. J. Sport Sci.*, vol. 13, no. 3, pp. 290–294, 2013, doi: 10.1080/17461391.2011.606845.
- [13] R. Bulthuis, M. Tabak, L. Schaake, and H. Hermens, "Outdoor E-trike cycling: A low intensity physical activity," *Assist. Technol.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–8, 2021, doi: 10.1080/10400435.2020.1858995.
- [14] R. Kosasih, M. Y. R. Siahaan, R. A. Siregar, P. Studi, T. Mesin, and U. M. Area, "Analisis Ketahanan Impak Bahan Lembaran Polimer yang Berpotensi Digunakan untuk Penutup Spidometer Motor Impact Resistance Analysis of Polymer Sheet Materials Potentially Used For Motorcycle Speedometer Cover Perkembangan dunia usaha pada bidang otomotif ," vol. 6, no. 01, pp. 94–103, 2022, doi: 10.31289/jmemme.v6i1.6210.
- [15] F. Rahmadiano and G. A. Pohan, "Analisa Pengaruh Variasi Displacement Shock Absorber Kendaraan Bermotor Terhadap Respon Getaran," *J. Mech. Manuf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 18–23, 2020.
- [16] B. C. Langford, C. R. Cherry, D. R. Bassett, E. C. Fitzhugh, and N. Dhakal, "Comparing physical activity of pedal-assist electric bikes with walking and conventional bicycles," *J. Transp. Heal.*, vol. 6, no. May, pp. 463–473, 2017, doi: 10.1016/j.jth.2017.06.002.
- [17] J. Junaidi, "Pemodelan Dan Simulasi Sistem Roda Gigi Menggunakan Pendekatan Multi Body Dynamic Dengan Metode Menghitung Parameter Roda Gigi Dengan Roda Senyawa," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 40–49, 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i1.3751.
- [18] F. B. Sihombing, M. Y. R. Siahaan, and R. A. Siregar, "Analisis Kekuatan Mekanik Material Komposit yang Bepeluang Diaplikasikan pada Handle Rem Sepeda Motor Analysis of Mechanical Strength of Composite Materials that Possibly Applicable on Motorcycle Brake Handle Program Studi Teknik Mesin , Universitas Meda," vol. 6, no. 01, pp. 86–93, 2022, doi: 10.31289/jmemme.v6i1.6209.