

PERANCANGAN, ANALISA DAN SIMULASI RANGKA SEPEDA LISTRIK UNTUK MASYARAKAT PERKOTAAN

Al Ichlas Imran, Samhuddin, Salimin, La Hasanuddin

Staf Pengajar Teknik Mesin, Universitas Halu Oleo

E-mail: ichlas.imran@uho.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisa kekuatan frame sepeda listrik dan melakukan simulasi untuk membandingkannya dengan perhitungan manual. Pemilihan material dalam perancangan ini adalah aluminium alloy (Al 6061) dan geometri sepeda ditentukan berdasarkan tabel hubungan jarak antara three-pivot Sepeda. Frame digambar menggunakan autodesk inventor professional 2014, dimana Bagian-bagian Frame disambung dengan metode las. Frame disimulasi menggunakan ansys 16.0, dimana beban pengendara yang diberikan adalah 80 kg. Nilai tegangan maksimum dari perhitungan manual dibandingkan berdasarkan hasil simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimum yang dihasilkan melalui perhitungan manual sebesar 27,398 MPa dan hasil simulasi ansys sebesar 26,658 MPa, dimana keduanya masih dibawah nilai kekuatan material frame yang diizinkan sebesar 46 MPa. Hal ini menggambarkan bahwa perancangan sepeda listrik untuk pengguna dengan beban 80 kg masih dikatakan aman.

Kata Kunci: *tegangan maksimum, tegangan izin, kekuatan frame, simulasi, aluminium alloy*

1. PENDAHULUAN

Sepeda listrik merupakan jenis transportasi yang saat ini telah banyak digunakan oleh masyarakat perkotaan. Kendaraan roda dua ini memanfaatkan sistem penggerak manual hasil gerak mekanis kaki yang menggerakkan pedal dan sistem penggerak listrik. Perpaduan kedua sumber penggerak tersebut bertujuan untuk meningkatkan kecepatan sepeda dan mengurangi penggunaan tenaga pengendara sepeda.

Selain sebagai sarana transportasi pilihan yang baik untuk daerah perkotaan, sepeda juga memberikan nilai rekreatif dan menunjang pergerakan fisik yang sehat (Mc Cullagh, 1977), dalam perkembangannya untuk mengurangi beban otot yang diterima pengendara serta menambah jarak tempuh sepeda. Oleh karena itu penggunaan sepeda listrik saat ini dimasyarakat telah mengalami peningkatan.

Perancangan sepeda listrik sangat dipengaruhi oleh pemilihan jenis material, desain struktur geometrik dari rangka (*frame*), beban pengendara,

komponen penggerak listrik, biomekanik, kekuatan rangka sepeda dan posisi tubuh pengendara sepeda. Faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi kenyamanan dan keamanan pengendara serta umur pakai yang dimiliki oleh sepeda (Zhongzia dkk., 2011).

Perancangan *frame* sepeda listrik dapat dilakukan melalui perhitungan manual atau menggunakan alat bantu simulasi. (Setyono dkk., 2016) melakukan penelitian tentang perancangan dan analisis kekuatan *frame* sepeda hybrid “trisona” menggunakan software autodesk inventor. Frame berukuran panjang 1200 mm, lebar 180 mm dan tinggi 618 mm serta pemberian beban bervariasi dari 0-95 kg. Hasil simulasi menunjukkan, bahwa nilai faktor keamanan terbesar dihasilkan pada pembebanan 0 kg (8,93) dan terkecil pada pembebanan 95 kg (1,99), sedangkan pembebanan 95 kg, konstruksi sepeda dinyatakan tidak aman pada lokasi sambungan *down tube* dan *head tube*.

Penelitian lain tentang sepeda listrik juga telah dilakukan oleh Didik (2012). Penelitian ini bertujuan untuk merancang sepeda listrik yang mempunyai desain rangka dari penggabungan dua jenis rangka sepeda yaitu rangka sepeda jalanan dan sepeda gunung. Bahan yang digunakan untuk pembuatan rangka adalah besi St. 37 yang menggunakan metode sambungan jenis las dengan elektroda tipe E 6013. Hasil perhitungan kekuatan rangka diperoleh tegangan tarik maksimum sebesar $18,01 \text{ N/mm}^2$ untuk bahan besi pipa elips dan tegangan tarik maksimum untuk besi pipa profil segi panjang sebesar $53,57 \text{ N/mm}^2$.

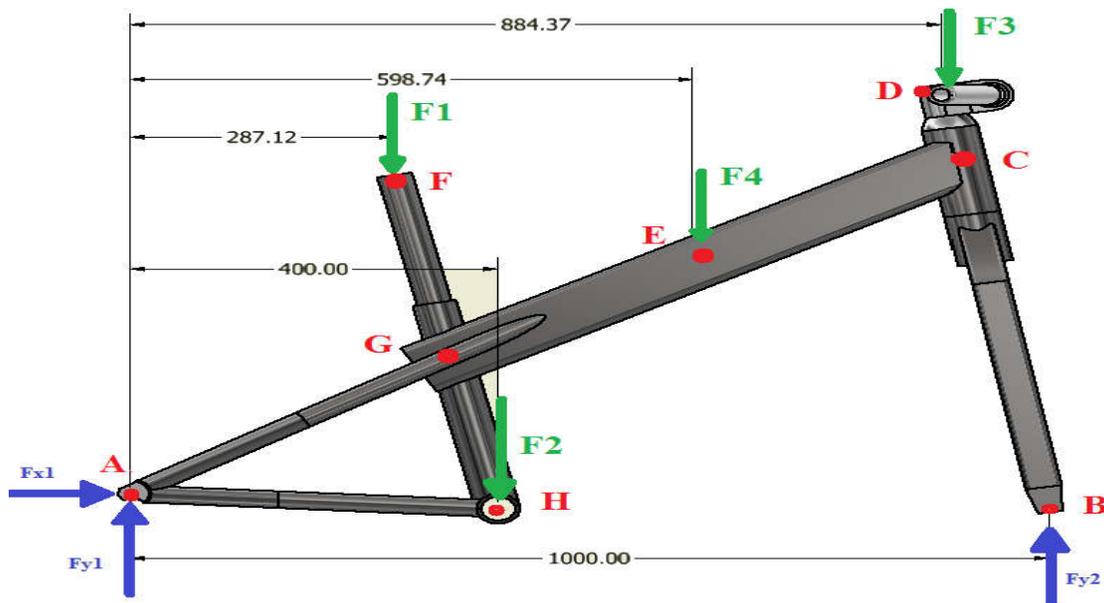
Oleh karena itu, peneliti melakukan perancangan, analisa dan simulai rangka sepeda listrik untuk masyarakat perkotaan.

2. METODE PENELITIAN

Untuk merancang *frame* sepeda, pada umumnya memenuhi teori ergonomi, postur tubuh yang paling nyaman bagi pengendara. Oleh karena itu penentuan geometri sepeda menggunakan tabel 1 hubungan jarak antara *three-pivot* Sepeda (Sadel, Handle dan Pedal) mempengaruhi desain rangka (Zhongzia dkk., 2011).

Tabel 1. Jarak Sadel ke Handle (AC) dan Pedal (AB) ideal untuk tinggi 1500-1800 mm

Tinggi (dalam mm)	Posisi Sadel (A)		Posisi Poros Pedal (B)		Posisi Handle (C)		Jarak A ke C (mm)	Jarak A ke B (mm)
	xA	yA	xB	yB	xC	yC		
1500	-200.624	415	0	0	328.025	519.262	538.8323764	460.9500942
1520	-197.124	429.84	0	0	339.837	534.8264	547.1278006	472.8849112
1540	-194.12	444.48	0	0	351.073	550.1996	555.3485762	485.0206643
1560	-191.613	458.92	0	0	361.733	565.3816	563.4945335	497.3159809
1580	-189.603	473.16	0	0	371.817	580.3724	571.5655165	509.734989
1600	-188.09	487.2	0	0	381.325	595.172	579.5613816	522.2467694
1620	-187.074	501.04	0	0	390.257	609.7804	587.4819966	534.8248437
1640	-186.554	514.68	0	0	398.613	624.1976	595.3272399	547.4467073
1660	-186.531	528.12	0	0	406.393	638.4236	603.0969998	560.0934056
1680	-187.005	541.36	0	0	413.597	652.4584	610.7911731	572.7491549
1700	-187.976	554.4	0	0	420.225	666.302	618.4096652	585.4010049
1720	-189.444	567.24	0	0	426.277	679.9544	625.9523889	598.0385399
1740	-191.408	579.88	0	0	431.753	693.4156	633.4192643	610.6536145
1760	-193.869	592.32	0	0	436.653	706.6856	640.8102177	623.2401215
1780	-196.827	604.56	0	0	440.977	719.7644	648.1251818	635.7937875
1800	-200.282	616.6	0	0	444.725	732.652	655.3640948	648.3119924



Gambar 1. Titik beban yang diberikan pada rancangan *frame* sepeda listrik

Prosedur Perancangan

- Berdasarkan Tabel 3.1, maka geometri yang cocok dengan sampel laki-laki dewasa dengan tinggi badan 164 cm yaitu jarak sadel ke handle sebesar 595.3272399 mm dan jarak sadel ke pedak sebesar 547.4467073 mm.
- Material yang digunakan adalah aluminium alloy (Al 6061) dengan density 2710 Kg/m³.
- Frame digambar menggunakan *software autodesk inventor 2017 frame*, dimana komponen Baterai dan controller di sisipkan dalam *top tube* dan menggunakan roda dengan ukuran 27,5 in x 2,10 in atau 6985,5 mm x 53,34 mm.

Analisa Kekuatan Material dan Simulasi

- Kekuatan material frame dihitung berdasarkan teori pembebanan statis.
- Beban pengendara dianggap 80 kg, dimana beban akan mempengaruhi nilai gaya F1 (seatpost), F2 (pedal), F3 (handle) dan F4 (toptube).
- Gaya untuk posisi F1, F2, F3 dan F4 dianalisa kemudian diperoleh hasil perhitungan beban pada batang BC, CD, EG, FG, GH, GA dan HA.

- Nilai gaya terbesar yang didapatkan kemudian dibagi dengan luas penampang terkecil pada batang untuk mendapatkan tegangan maksimum (S_{max}).

$$A_{min} = \pi \left(\frac{D_o}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{D_i}{2} \right)^2$$

$$(S_{max}) = \frac{F}{A_{min}}$$

- Setelah itu ditentukan tegangan izin material, dimana nilai faktor keamanan (N) untuk benda bergerak adalah 6.

$$(S_{syp}) = \frac{S_{yp}}{N}$$

Dimana menggunakan nilai *yield strength* (S_{yp}) material Al 6061

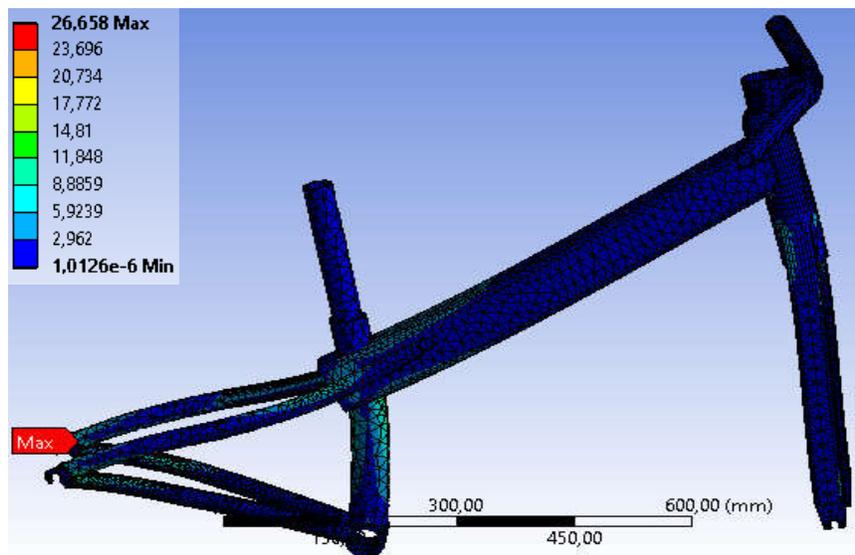
- Simulasi frame menggunakan *Ansys Workbench 18.2*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

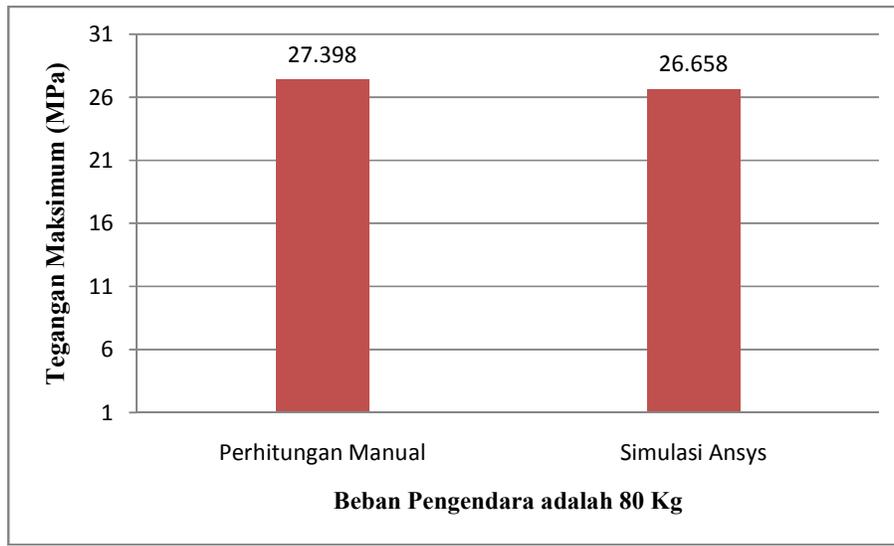
Setelah dilakukan perancangan sepeda listrik (Gambar 1), maka dilakukan analisa reaksi yang terjadi di titik A, B, C, D, E, F, G dan H. Adapun gaya-gaya yang bekerja selama proses pembebanan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Gaya-gaya yang bekerja pada sepeda listrik saat pembebanan 80 kg

Batang	Gaya (N)	Jenis	Keterangan
BC	341,248	Tekan	<i>Frok Depan</i>
CD	341,248	Tekan	<i>Headset</i>
EG	101,833	Tekan	<i>Top Tube</i>
FG	475,587	Tekan	<i>Seat Post</i>
GH	149,35	Tekan	<i>Seat Post Tube</i>
GA	316,481	Tekan	<i>Seat Stay</i>
HA	3277,77	Tekan	<i>Chain Stay</i>



Gambar 2. Hasil simulasi tegangan maksimum



Gambar 3. Perbandingan nilai tegangan maksimum yang dihasilkan oleh perhitungan manual dan simulasi Ansys untuk beban pengendara 80 kg

Gaya yang terbesar terjadi pada batang HA sebesar 3277,77 N untuk posisi *chain stay*. Nilai ini kemudian dibagi dengan luas penampang terkecil ($A_{\min} = 119,634 \text{ mm}^2$) pada batang sepeda listrik untuk mengetahui tegangan maksimum yang terjadi pada sepeda listrik. Hal tersebut dilakukan karena batang yang memiliki luas penampang terkecil akan menjadi pusat konsentrasi tegangan atau lebih besar dibandingkan batang yang lain jika sepeda listrik menerima beban pengendara. Gambar 2 juga menggambarkan hasil simulasi sepeda listrik menggunakan ansys, dimana pada batang *chain stay* telah terjadi tegangan maksimum saat diberikan beban 80 kg.

Berdasarkan gambar 3, dapat diketahui bahwa nilai tegangan maksimum yang dialami oleh sepeda listrik berdasarkan perhitungan manual sebesar 27,398 MPa sedangkan melalui simulasi ansys menghasilkan tegangan maksimum sebesar 26,658 MPa, dimana nilai hasil simulasi mendekati nilai hasil perhitungan manual.

Ketika tegangan luluh dari material aluminium alloy (276 MPa) yang digunakan dalam perancangan sepeda listrik ini dibagi dengan faktor keamanan ($N = 6$) dari benda bergerak, maka tegangan ijin material dari sepeda listrik adalah 46 MPa. Tegangan ijin material sangat dibutuhkan sebagai faktor penentu beban pengendara dalam perancangan sepeda listrik.

Dalam perancangan, sepeda listrik dikatakan aman jika tegangan maksimum yang dialami saat proses pembebanan tidak melebihi dari tegangan ijin material yang digunakan oleh sepeda. Oleh karena itu, perancangan sepeda listrik ini dengan beban pengendara yang diberikan sebesar 80 kg, masih dalam batas aman dimana nilai 27,398 MPa lebih kecil dari 46 MPa. Maka, gambar detail dari perancangan sepeda listrik ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sepeda listrik untuk daerah perkotaan

Tabel 3. Nama komponen sepeda listrik dan fungsinya

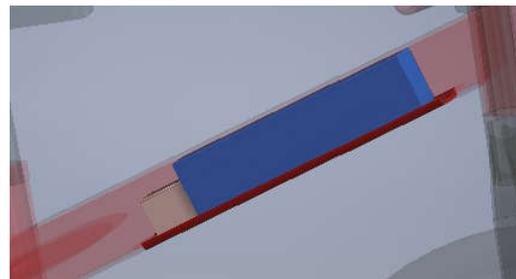
No	Nama Komponen	Fungsi
1	Pedal rem	Mengurangi laju atau kecepatan sepeda listrik
2	<i>Handlebar</i>	Mengendalikan arah sepeda listrik
3	Fork depan	Tumpuan roda depan
4	<i>Handelgas</i>	pengatur laju sepeda listrik
5	Sadel	Tempat duduk pengendara
6	Box komponen kelistrikan	Tempat baterai dan <i>contoller</i>
7	Motor penggerak/dinamo	komponen yang berfungsi menghasilkan gerakan putaran tenaga untuk mendorong sepeda listrik
8	Pedal	Sebagai tumpuan untuk mengayuh sepeda listrik
9	Roda 27,5 “	Penopang sepeda listrik dan penyalur daya dorong dari kayuhan pedal dan motor penggerak / dinamo
10	<i>Disk Brake</i>	Sistem pengereman Sepeda listrik

Frame sepeda listrik dibuat harus memenuhi teori ergonomi, dimana memberikan postur tubuh yang paling nyaman bagi pengendara sepeda serta menunjang untuk perancangan beban pengendara sebesar 80 kg. Komponen – komponen penunjang yang lainnya seperti pedal rem, *handlebar*, *handelgas*, motor listrik, seat dan *disk brake* menggunakan komponen yang sudah ada di pasaran



Gambar 5. Motor penggerak

Sistem penggerak pada sepeda listrik ini adalah sproket dan rantai yang digerakan oleh pedal seperti sepeda pada umumnya serta menggunakan motor penggerak/dinamo tipe BLDC yang disimpan pada roda belakang (Gambar 5).



Gambar 6. Komponen kelistrikan

Untuk komponen kelistrikan (Gambar 6) seperti baterai dan *contoller* pada sepeda listrik ini disimpan pada *top tube frame* sepeda listrik. Box

komponen kelistrikan mempunyai dimensi sebesar 400 mm x 70 mm x 50 mm.



Gambar 7. Dimensi Umum Sepeda listrik

Setelah dilakukan penggabungan semua komponen-komponen penunjang seperti Pedal Rem, Handlebar, Handegas, Motor listrik, sadel dan *disk brake*, maka didapatkan dimensi umum sepeda listrik seperti gambar 4.9 dengan panjang total sepeda listrik sepanjang 1698,5 mm, lebar total sebesar 643,04 mm dan tinggi total sepeda sebesar 1038.10 mm.

4. KESIMPULAN

Frame sepeda listrik dirancang berdasarkan table hubungan jarak antara *three-pivot* Sepeda (Sadel, Handle dan Pedal) ukuran tubuh dewasa dengan menggunakan material aluminium *alloy* (Al 6061). Komponen listrik diletakkan pada bagian dalam *top tube* yang menghasilkan kenyamanan bagi pengendara. *Frame* dirancang dengan beban pengendara 80 kg, dimana tegangan maksimum yang dialami sebesar 27,398 Mpa. Hal ini masih lebih kecil dari tegangan ijin material Al 6061 sebesar 46 MPa, sehingga masih dalam kondisi aman.

DAFTAR PUSTAKA

- 1997, *ASM Handbook*, Properties and Selection, Volume 2, The Materials Information Company.
- Callister, Jr., W.D. And Rethwisch, D.G, 2010, *Materials Science and Engineering And Introductio.*, Eighth Edition, Wiley, USA.
- Huda, M. dan Tristyono, B., 2015, Desain Sepeda Listrik Untuk Anak Sekolah SMP Dan SMA Yang Menunjang Aktifitas Gaya Hidup Remaja Perkotaan Dan Dapat Diproduksi UKM Lokal, *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, Vol. 4 No.2.
- Mc Cullagh, 1977, *Pedal Power*, Rodale Press, Inc. USA.
- Pinem, M.D., 2013, *Analisis Sistem Mekanik ANSYS*, Wahana Ilmu Kita, Bandung.
- Setyono, B., Mrihrenaningtyas dan Hamid, A., 2016, Perancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid "Trisona" Menggunakan Software Autodesk Inventor, *Jurnal IPTEK*, Vol. 20 No. 2.
- Yuda, Y.F., 2012, *Autodesk Inventor Profesional 2011*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Zhongxia, X., Ruifen, X., Yan, B. and Xiaofan, W., 2011, Optimal Design of Biecycle Parameters Considering Biomechanics, *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 24 No.1.