

PERENCANAAN SISTEM PENGGERAK BERENERGI LISTRIK PADA SEPEDA MOTOR BAK RODA TIGA

Kevin Djunaidi

Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra
Jalan. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658
E-mail : kevindjunaidi@hotmail.com

ABSTRAK

Kevin Djunaidi:

Skripsi

Konversi penggunaan bahan bakar bensin ke bahan bakar ethanol pada motor bakar 4 langkah untuk sepeda motor.

Dalam perencanaan ini akan dibuat sebuah prototype kendaraan listrik. Akan dilakukan modifikasi dari kendaraan berbasis Internal Combustion Engine (ICE) menjadi kendaraan berbasis motor listrik. Dibutuhkan rangkaian komponen elektronika sebagai sumber energi listrik penggerak, seperti baterai, motor listrik, inverter dan kontroler, yang akan di konversi menjadi energi mekanik. Sistem mekanik dari kendaraan akan diintergrasikan dengan sistem penggerak motor listrik menggunakan perantara puli dan belt sebagai penghubung dengan percepatan tunggal. Konsep kendaraan yang akan dibuat adalah kendaraan listrik untuk keperluan sarana angkutan keperluan publik sebagai kendaraan pengangkut sampah pada lingkungan perumahan. Spesifikasi yang hendak dicapai adalah daya angkut sekitar 400 kg, daya jelajah sekitar 40 km dan kecepatan max sekitar 20 km/jam. Pengujian dilakukan di laboratorium serta uji jelajah di lapangan

Kata Kunci:

Konversi energi, sistem, energi listrik, energi mekanik

1. Pendahuluan

Kenaikan harga bahan bakar dan semakin menipisnya persediaan Bahan Bakar minyak (BBM) saat ini, merupakan isu sentral dalam beberapa dasawarsa belakangan ini dan memaksa berbagai pihak untuk memilih berbagai alternatif pengganti BBM. *Research* tentang energi alternatif kembali marak setelah isu tersebut. Juga *global warming* yang mengakibatkan perubahan iklim di dunia. Isu ini telah membuat para industri otomotif untuk mengembangkan mesin mereka yang berbahan bakar minyak ini menjadi sebuah mesin yang lebih efisien bahan bakar dan gas buang yang ramah lingkungan.

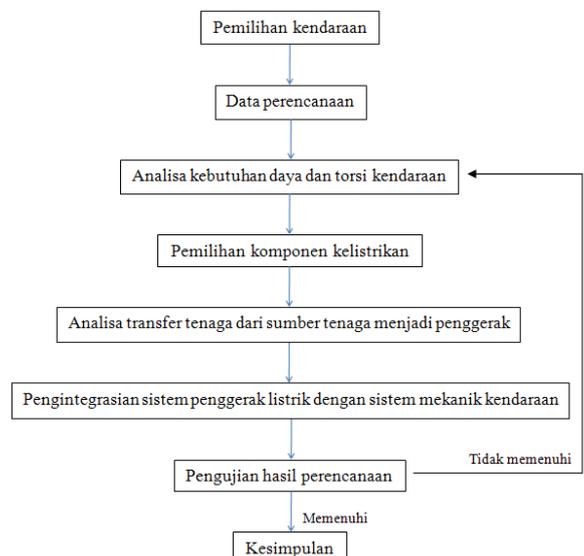
Di Indonesia, kendaraan bermotor menjadi alat transportasi yang paling populer. Jumlah kendaraan sepeda motor merupakan yang paling banyak sehingga dapat ditunjukkan sepeda motor memiliki peminat paling tinggi. Bahkan sepeda motor berkembang bentuknya menjadi sepeda motor roda tiga semakin diminati karena dapat membantu usaha dalam pengangkutan barang dalam jumlah cukup banyak.

Salah satu alternatif yang diminati saat ini adalah motor listrik. Motor listrik memiliki kelebihan efisiensi daya yang tinggi, jauh lebih tinggi daripada

motor bakar, dan motor listrik tidak menghasilkan gas buang sehingga sangat mendukung pelestarian lingkungan. Motor listrik tidak perlu mengonsumsi bahan bakar minyak yang cadangannya mulai menipis. Meskipun dalam kondisi jalan macet, motor listrik tetap tidak beremisi gas buang dan sangat hemat energi..

2. Metodologi Penelitian

• Flow Chart



- **Pemilihan kendaraan**

Memilih dan menetapkan *platform* kendaraan yang akan dikonversi menjadi kendaraan listrik. Kandidatnya adalah kendaraan roda-3 dari VIAR berjenis Karya 150.



Gambar 1 : Viar karya 150

- **Data perencanaan**

Dalam pencarian data dilakukan pembongkaran motor bakar yang akan dialihfungsikan dengan motor listrik. Sehingga bobot kendaraan tersisa 267 kg.



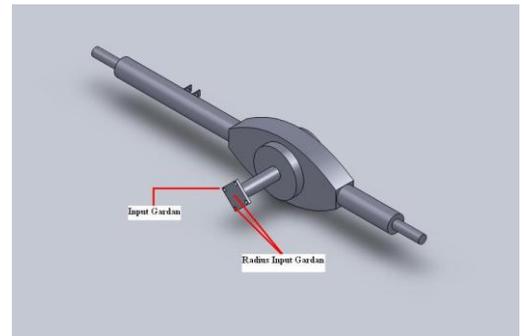
Gambar 2 : Proses pembongkaran kendaraan



Gambar 3 : kendaraan tanpa motor bakar

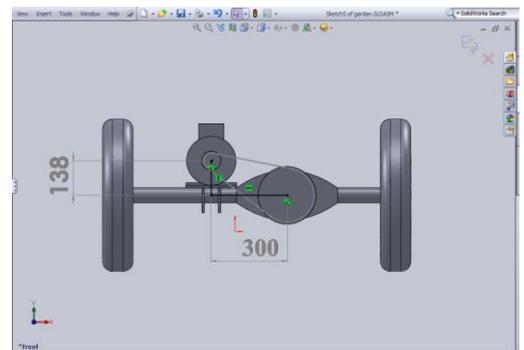
Diberikan bobot tambahan sekitar 298 kg menggunakan benda lain sebagai pengganti komponen kelistrikan yang belum terpasang, tetapi posisi peletakan sesuai dengan perencanaan, sehingga bobot kendaraan menjadi 565 kg. Untuk mencari gaya yang di

butuhkan oleh kendaraan untuk mulai bergerak, dilakukan dengan cara menarik *input* gardan yang memiliki perbandingan gigi 12 : 37 dengan efisiensi *bevel gear* 95 % dan radius 0,04 m, hingga kendaraan bergerak dengan menggunakan neraca pegas. didapatkan gaya sebesar 55 kg atau 539,55 N. sehingga torsi yang dibutuhkan untuk mulai bergerak yaitu sebesar 21,582 N-m. Bobot kendaraan 565 kg terbagi atas bobot roda depan sebesar 140,5 kg, dan bobot roda belakang sekaligus penggerak 424,5 kg atau sama dengan 4164,345 N.



Gambar 4 : Posisi penarikan neraca pegas

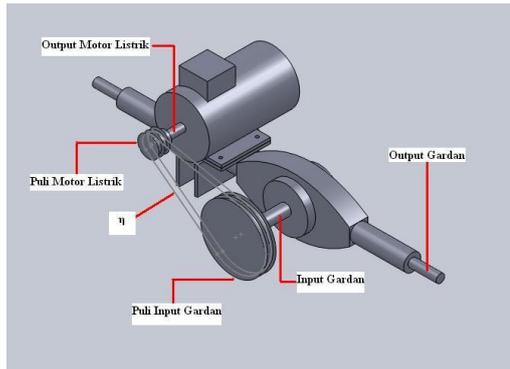
Direncanakan motor listrik dipasangkan pada gardan dan menggerakkan input gardan dengan menggunakan puli dan *belt*. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir energi yang dapat terbuang karena transfer tenaga melewati *propeler shaft* seperti yang sebelumnya terdapat pada standar kendaraan.



Gambar 5 : Rencana posisi peletakan motor listrik pada gardan

- **Analisa kebutuhan daya dan torsi kendaraan**

Menganalisa kebutuhan daya dan torsi untuk menggerakkan kendaraan dari sumber energi penggerak hingga pada roda kendaraan, di bandingkan dengan daya dan torsi *output* motor listrik agar di peroleh perbandingan puli yang sesuai. Perbandingan puli di butuhkan untuk mereduksi putaran dari motor listrik sekaligus didapatkan peningkatan torsi pada *input* gardan.



Gambar 6 : Penyaluran daya dan torsi

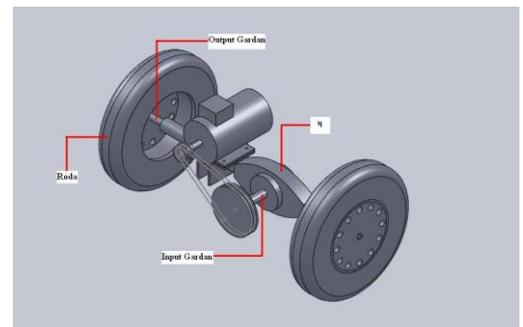
- **Pemilihan komponen kelistrikan**

Pemilihan Motor listrik mengacu pada ketersediaan barang di pasaran yang sesuai dengan peruntukan kebutuhan, sehingga di pilihlah motor listrik AC dengan daya 2,2 kW pada 1420 rpm, sehingga keluaran torsi motor listrik mencapai 14,795 N·m. Pemilihan ini dikarena motor listrik ini merupakan motor listrik dengan daya terbesar yang membutuhkan suplai tegangan 220 V. Untuk daya yang lebih besar lagi, di butuhkan suplai tegangan yang lebih besar pula, sehingga di butuhkan jumlah baterai yang lebih banyak untuk dapat mencapai tegangan yang di butuhkan oleh motor listrik. Demi mendapatkan suplai tegangan 220 V, digunakanlah 18 buah baterai 12 V yang di rangkai seri, sehingga tegangan yang di hasilkan mencapai 216 V (mendekati 220 V). Kemudian juga memilih dan melengkapi komponen penunjang lainnya agar sistem penggerak dapat berjalan dengan sempurna, seperti *inverter* (merubah arus DC menjadi arus AC), kontroler dengan sistem PWM (*Pulse Width Modulation*-dapat mengatur keluaran arus dari baterai agar sesuai dengan kebutuhan dan tidak ada yang terbuang), sistem pengaman (sekring/*fuse*), maupun sistem pengisian.

- **Analisa transfer tenaga dari sumber tenaga menjadi penggerak**

Dengan menggunakan perbandingan puli 1 : 3, putaran maksimum motor listrik tereduksi menjadi 473,33 rpm pada *input* gardan dengan pencapaian torsi sebesar 43,053 N·m setelah melewati efisiensi *belt* sebesar 97 %. Analisa dilakukan pada saat *start* kendaraan di medan datar maupun medan menanjak, dengan memperhitungkan seluruh *input* maupun *output* gaya yang terjadi pada setiap bagian bergerak kendaraan. Dengan meperhitungkan kecepatan maksimal yang dapat di capai dengan menyesuaikan antara kebutuhan daya, torsi, komponen, juga beban kendaraan. Putaran maksimum pada *input* gardan tereduksi kembali dengan adanya perbandingan gigi 12 : 37 pada *output* gardan menjadi 153,530 rpm dengan

pencapaian torsi sebesar 125,767 N·m setelah melewati efisiensi *bevel gear* sebesar 95 %. Putaran pada *output* gardan selaras dengan putaran roda yang berdiameter 0,54 m, sehingga setiap putaran *output* gardan, kendaraan telah menempuh satu keliling lingkaran, jadi kecepatan maksimum yang dapat dicapai adalah 15,628 km/h. dan sudut tanjak maksimum dapat mencapai 6,422°



Gambar 7 : Transfer tenaga pada roda

- **Pengintegrasian sistem penggerak listrik dengan sistem mekanik kendaraan**

Memasang seluruh komponen kelistrikan pada sistem penggerak kendaraan.



Gambar 8 : Motor listrik pada gardan



Gambar 9 : Perakitan baterai



Gambar 10 : Perakitan *inverter* sekaligus kontroler



Gambar 11 : Perakitan suplai energi pada motor listrik

- **Pengujian hasil perencanaan**

Selanjutnya uji lapangan dengan menjalankan kendaraan dalam kondisi beban minimal sampai dengan beban maksimal. Juga uji kecepatan, manuver, sistem pengisian baterai dan uji daya jelajah dari kendaraan dilakukan sebagai verifikasi dari spesifikasi desain yang diinginkan. Apabila tidak memenuhi, akan dilakukan pengkajian ulang pada analisa kebutuhan daya dan torsi kendaraan, apabila memenuhi akan dilakukan penyimpulan dari hasil perencanaan.

3. Hasil Dan Pembahasan

Pada saat pengujian, kecepatan maksimum dapat mencapai 20 km/h. Hasil pengujian melebihi hasil dari perhitungan secara teoritis sebesar 15,628 km/h. Hal ini dapat disebabkan oleh :

- Efisiensi penyaluran tenaga di lapangan lebih tinggi dibandingkan efisiensi secara teoritis.
- Pengukuran menggunakan *speedometer* standar kendaraan, sehingga tolok ukur perhitungan putaran pada lapangan sedikit banyak terdapat perbedaan dibandingkan perhitungan secara teoritis.

Pengujian dilakukan dari beban minimum, yaitu berat kendaraan sebesar 565 kg, sampai dengan muatan

tambahan sebesar 400 kg sehingga berat total mencapai 965 kg, hanya berpengaruh pada kemampuan saat *start* awal dan tidak menunjukkan penurunan kecepatan maksimum pada waktu kendaraan telah mencapai putaran maksimum. Telah diuji dengan tambahan muatan sebesar 450 kg, sehingga berat total kendaraan mencapai 1015 kg, motor listrik tidak mampu untuk *start* awal. Hal ini di indikasikan oleh *belt* yang selip dan tidak dapat menggerakkan puli.

Pada saat pengujian dengan pengendalian yang bervariasi, waktu pengendalian dapat melebihi perhitungan secara teoritis, yaitu dapat lebih dari 3 jam pemakaian. Hal ini dapat disebabkan oleh :

- Perhitungan secara teoritis menggunakan *output* tenaga maksimum dari motor listrik, sedangkan pada saat uji lapangan tidak selalu terus menerus menggunakan *output* tenaga maksimum dari motor listrik. Di mulai dari *start* awal yang tidak membutuhkan banyak energi listrik, di imbangi dengan pengendalian yang bervariasi hingga putaran maksimum yang membutuhkan banyak energi listrik.
- Efisiensi motor listrik di lapangan lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi motor listrik secara teoritis.

Pada saat pengujian, jarak tempuh dapat melebihi perhitungan secara teoritis, yaitu dapat melebihi 45,571 km. Hal ini dapat disebabkan oleh :

- Kecepatan maksimum kendaraan yang juga melebihi perhitungan secara teoritis, sehingga berpengaruh pada jarak tempuh.
- Efisiensi penyaluran tenaga di lapangan lebih tinggi dibandingkan efisiensi secara teoritis.
- Pengukuran menggunakan *speedometer* standar kendaraan, sehingga tolok ukur perhitungan putaran pada lapangan sedikit banyak terdapat perbedaan dibandingkan perhitungan secara teoritis.

Pada saat pengujian lapangan, sudut tanjak dapat melebihi sudut tanjak pada hasil perhitungan sebesar 6,422°, hal ini dapat disebabkan oleh :

- Perhitungan secara teoritis ditujukan untuk *start* awal pada medan yang menanjak dengan berat 565 kg, sehingga berat untuk dapat *start* langsung pada medan menanjak.
- Pengaruh ancang-ancang sebelum melewati medan menanjak, pada saat kecepatan maksimum, kendaraan dapat melewati medan menanjak dengan mudah dibandingkan dengan pada saat *start* awal pada medan menanjak.

Pengisian baterai dilakukan sebanyak 5 kali, masing-masing selama 6 jam, dengan 4 kali mengisi 4 buah aki, dan 1 kali mengisi 2 buah aki. Sehingga total waktu yang di butuhkan untuk mengisi baterai kurang lebih 30 jam.

4. Kesimpulan

Dimulai dari perencanaan secara teoritis untuk mencapai tujuan, pembuatan hasil perencanaan, perakitan hasil perencanaan, hingga pengujian langsung pada lapangan demi membuktikan hasil perencanaan teoritis. Berdasarkan hasil pengujian pengujian lapangan, didapatkan hasil yang sangat baik di dibandingkan dengan perhitungan secara teoritis, karena sebagian besar hasil uji lapangan melebihi hasil perhitungan secara teoritis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tujuan dari perencanaan tugas akhir ini berhasil dengan baik, yaitu mengkonversi sistem kendaraan berbasis *Internal Combustion Engine* (ICE) menjadi kendaraan berbasis motor listrik, dengan kendaraan yang telah berhasil bergerak dengan basis energi listrik.

Dari perhitungan secara teoritis dan hasil pengujian lapangan, dapat di simpulkan bahwa :

- Torsi minimum yang di butuhkan oleh kendaraan agar dapat mulai bergerak sebesar 21,582 N-m
- Menggunakan motor listrik AC dengan keluaran torsi sebesar 14,795 N-m
- Menggunakan inverter dan kontroler dengan keluaran daya 2,2 kW
- Menggunakan baterai 12 volt berjumlah 18 buah yang di rangkai seri hingga menghasilkan beda potensial 216 V dengan kapasitas 45 Ah
- Menggunakan sekering 16 A
- Menggunakan puli susun ganda dengan perbandingan 1 : 3 dan *belt* sepanjang 1,098 m sebagai penghubung
- Keluaran torsi motor listrik setelah melewati perbandingan puli sebesar 43,053 N-m
- Kecepatan maksimum sebesar 20 km/h
- Daya angkut maksimum 400 kg
- Dibutuhkan ancang-ancang untuk melalui medan menanjak
- Waktu pengendalian mencapai lebih dari 3 jam
- Daya jelajah kurang lebih sekitar 40 km
- Waktu pengisian baterai kurang lebih sekitar 30 jam

Dalam perencanaan ini masih terdapat banyak kekurangan, terutama dikarenakan keterbatasan waktu dan biaya, sehingga pendekatan konversi terbatas hanya dilakukan pada sektor modifikasi, dan juga pemilihan rangkaian elektronika berikut perangkat penggerak berenergi listrik dilakukan secara ekonomis.

Hasil perencanaan ini dapat di pakai sebagai acuan dasar untuk pengembangan lebih lanjut bagi kemajuan di masa yang akan datang, baik dari segi pengembangan rangka atau bodi kendaraan (karoseri), maupun dari segi rangkaian komponen elektronika berikut energinya.

Referensi

1. Kumara, Nyoman S, *Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang*, Transmisi, Jurnal Teknik Elektro, Udayana, Jilid 10, Nomor 2, Juni 2008, h. 89-96
2. Pribadi, S Bowo, Empat PTN Ini Ditunjuk Produksi Mobil Listrik Nasional, Rabu, 21 Maret 2012, <http://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/12/03/21/m18373-empat-ptn-ini-ditunjuk-produksi-mobil-listrik-nasional>, diunduh 31 Januari 2013, pk. 01.00
3. <http://www.viarmotor.com/karya/index.html>. Viar Motor *Official Website*
4. Meriam J.L.; Kraige L.G. (2002), *Engineering Mechanics, Vol 1 Statics. 6th Edition*, John Wiley & Sons, ISBN 0-471-40646-5
5. Fink, Donald G.; Beaty, H. Wayne (1978). *Standard Handbook for Electrical Engineers (ed. Eleventh Edition)*, McGraw Hill.
6. Beer, F. P.; E. R. Johnston, Jr. (1984). *Vector Mechanics for Engineers : Dynamics. 4th Ed*, McGraw-Hill, ISBN 0-07-004389-2
7. Thomas D. Gillespie (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, SAE, ISBN 1-56091-199-9
8. Hannah, J.; Hillier, M. J. (1971). *Applied Mechanics, Pitman Paperbacks*.
9. Hamrock, B. J.; Schmid, S. R. & Jakobson, B. (2005). *Fundamentals of Machine Elements*, McGraw Hill, ISBN: 0-07-246532-8
10. *Solidworks Company Information. Solidworks Official Website*
11. Avallone, E. A. and T. Baumeister III. (1996). *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers. Tenth Edition*. McGraw-Hill. ISBN 0-07-004997-1
12. Richardson, D. V. and Caisse, A. J. Jr., 1997, "Rotating Electric Machinery and Transformer Technology", Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
13. N. Femia and V. Tucci. "On the Modeling of PWM Converters for Large Signal Analysis in Discontinuous Conduction Mode", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 9, no. 5, September 1994.
14. David Linden (ed), *Handbook of Batteries Third Edition*, McGraw Hill, New York, 2002
15. Dunlop, James P. "*Batteries and Charge Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems: Fundamentals and Application*", *Photovoltaic Systems Applications Dept*, 1997-01-15. Retrieved on 2007-08-21.
16. Arthur Wright, P. Gordon Newbery, *Electric fuses 3rd edition, Institution of Electrical Engineers (IET)*, 2004
17. Uicker, John; Pennock, Gordon; Shigley, Joseph (2010). *Theory of Machines and Mechanisms* (4th ed.). Oxford University Press, USA.
18. Khurmi, R.S, J.K. Gupta. 2005. *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House Ltd.