

DESAIN RANGKAIAN ENERGI LOOP PADA MOBIL LISTRIK CATU DAYA PENGISIAN OTOMATIS

Ronel Daniel R¹, Agus Virgono, Ir.,M.T.², Randy Erfa Saputra,S.T.,M.T.³

Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹roneldaniel@yahoo.com, ² avirgono@telkomuniversity.ac.id, ³ rasaputra@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Mobil Listrik dengan sistem pemulihan adalah sebuah konsep untuk membangun kendaraan yang mampu melakukan pemulihan energi listrik pada catu daya baik langsung maupun melalui sumber catu daya darurat secara otomatis, dengan memanfaatkan proses pengulangan energi yang didapatkan dengan memanfaatkan fungsi kosong pada penggerak utama yang disambungkan dengan generator akan bisa menghasilkan sebuah arus listrik yang mampu digunakan pada catu daya.

Rancangan energi loop memiliki konsep yang mengambil dari energi kinetik dari gaya gerak mobil saat berjalan dan putaran poros brushless motor yang disambungkan dengan generator, Pada rancangan energi loop ini memiliki beberapa kombinasi dengan rancangan yang sudah ada, seperti Step up Converter yang merupakan salah satu jenis DC chopper yang mampu mengatur tegangan DC sampai mencukupi batas minimum dan maximum yang masuk pada baterai, penggunaan gear yang diletakan pada brushless motor DC penggerak utama pada generator dengan memanfaatkan bagian yang kosong pada desain brushless motor DC didapatkanlah model energi loop yang disambungkan pada catu daya keadaan darurat melalui setiap putaran dari brushless motor DC.

Hasil penggunaan Energi Loop pada baterai darurat pada prototype ini mampu menghasilkan arus listrik pada pengujian posisi tanpa beban dengan set value 90-93 dengan rata-rata 0,33067 A – 0,362308 A dimana pada ukuran mobil listrik ukuran sebenarnya memiliki spesifikasi charger yang berbeda seperti Lv1(12 A) dan Lv2(hingga 80A) yang jika diskalakan 1:10 menjadi 3.3067 – 3.362308 A per rotasi Generator.

Kata Kunci : Energi Loop, brushless motor, energi kinetik, baterai darurat

Abstract

Electric car with a recovery system is a concept to build a vehicle capable of performing electrical energy recovery at the power supply either directly or through an emergency power supply source automatically, by utilizing the process of repeating the energy obtained by utilizing the empty function on the main mover connected to the generator. can produce an electric current that can be used on the power supply.

The loop energy design has a concept that takes from the kinetic energy of the motion force of the car as it travels and the rotation of the brushless motor shaft connected to the generator. In this loop energy design has several combinations with existing designs, such as Step up Converter which is one type of DC chopper capable of adjusting the DC voltage to meet the minimum and maximum limits entered on the battery, the use of gear mounted on the brushless motor DC main propulsion on the generator by utilizing the blanks in the design of brushless DC motors obtained loop energy model connected to the emergency power supply through every turn of the DC motor brushless.

The use of Energy Loop on emergency batteries in this prototype is capable of generating electric current in the loadless position testing with a set value of 90-93 with an average of 0.33067 A - 0.362308 A which on the size of an electric car actually has a size specification of different chargers such as Lv1 (12 A) and Lv2 (up to 80A) which if scaled 1:10 to 3.3067 - 3.362308 A per Generator rotation.

Key words: Loop Energy, Brushless Motor, kinetic energy, Emergency Battery

1. Pendahuluan

Mobil listrik merupakan kendaraan tanpa emisi yang menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi polusi udara yang disebabkan oleh kendaraan berbahan bakar minyak, berbeda dengan mesin berbahan bakar minyak, mobil listrik menggunakan motor sebagai penggerak dan baterai sebagai sumber tenaga, ini menjadi salah satu keunggulan dari mobil listrik Karena penggunaan baterai dinilai bisa lebih irit Karena bisa diisi ulang[1]

Kekurangan yang mendasar dari mobil listrik adalah pada bagian baterai, fakta bahwa baterai menjadi salah satu alasan tingginya harga mobil listrik dan kurang diminatinya mobil listrik di banding mobil berbahan bakar minyak menjadi kendala pada perkembangan mobil listrik, selain itu kurangnya tenaga yang dihasilkan oleh baterai dan terbatasnya waktu pemakaian mobil Karena keterbatasan baterai menjadi kendala lain yang harus diatasi pengembang mobil listrik, [2]

Salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan baterai adalah dengan mengimplementasikan auto charging pada baterai, dengan demikian maka penggunaan baterai akan lebih efisien dan bisa lebih lama digunakan untuk berkendara[2].

Kinetic Energy Recovery adalah sistem yang mampu mengembalikan tenaga yang dihasilkan oleh percepatan gerak yang menggunakan konsep ketika kendaraan pada posisi berjalan bisa menyimpan energi listrik yang ada dan mengeluarkan energi kembali kepada kendaraan, dengan Kinetik Energy Recovery ini diharapkan bisa membuat konsep baterai auto charging dapat terealisasi[3], dengan melakukan Set Speed Value yang di aplikasikan pada prototype mobil listrik dari 90-120 ppm dan bisa melakukan Energy Recovery pada baterai cadangan yang diaplikasikan ke prototype mobil listrik.

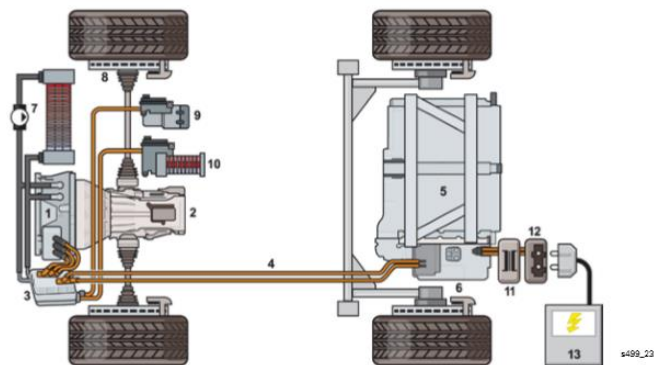
2. Dasar Teori

2.1 Mobil Listrik

Sebelum Tahun 2050, Pemanasan global tidak melebihi nilai 3.6 F(2 C) dengan kondisi suhu bumi dari masa pra-industri tujuan dapat dicapai dengan mengurangi emisi CO₂ Kendaraan Listrik tidak langsung menghasilkan CO₂[4].

Electromobility, pada dasarnya mengacu pada semua kendaraan yang memiliki konsep menggunakan energi listrik, seperti kendaraan bertenaga baterai dan hybrid[4]. Dasar Utama dari *Electromobility* yaitu :

- Memiliki baterai tegangan tinggi dengan unit control untuk regulasi dan pengisian ulang.
- Motor Listrik/Generator dengan Kontrol Elektronik dan Sistem Pendingin
- Sistem Rem
- *High-Voltage Air Conditioning* untuk suhu interior



Gambar 2.1 Model Standar Untuk Membuat Mobil Listrik[4].

2.2 Gear

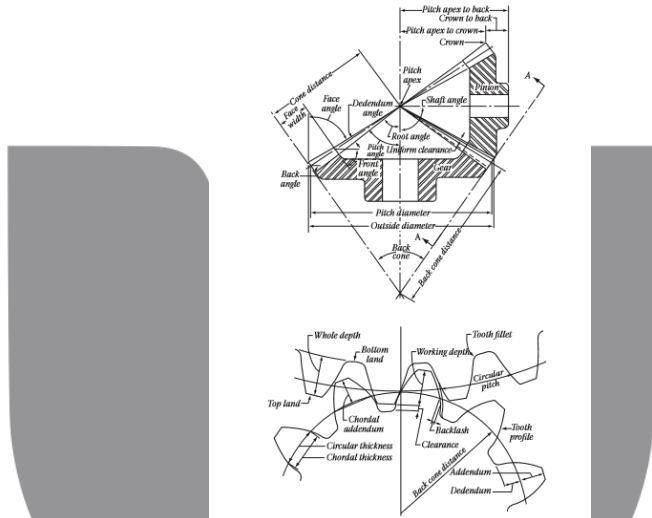
Gear blank adalah gear yang berbentuk kerucut. Giginya meruncing pada ketebalan gigi dan tinggi gigi. Di salah satu ujung gigi lebih besar, sementara di ujung satunya kecil. Dimensi gigi biasanya ditentukan untuk ujung besar gigi. Namun, dalam menghitung beban bantalan, dimensi dan kekuatan bagian tengah digunakan.

Jenis gear yang paling sederhana adalah roda gigi lurus. Roda gigi ini biasa digunakan untuk mentransmisikan daya antara poros berpotongan. Biasanya sudut porosnya 90°, tapi mungkin hampir ada sudutnya. Roda gigi memaksakan beban radial dan dorong pada bantalan mereka.

Gear harus dipasang pada sumbu sudut poros yang hampir persis sama dengan sudut poros desain. Juga, sumbu di mana mereka dipasang harus berpotongan atau mendekati titik berpotongan. Selain keakuratan sumbu, gigi bevel harus dipasang pada jarak yang tepat dari pusat kerucut. Komplikasi yang terlibat dalam pemasangan roda gigi miring membuatnya sulit untuk menggunakan bantalan lengan dengan jarak yang sangat lebar (yang sering dilakukan pada kecepatan tinggi, daya tinggi, dan roda gigi heliks). Bantalan bola dan rol adalah jenis yang biasa digunakan untuk gigi bevel. Keterbatasan kecepatan dan kapasitas pembawa muatan ini secara tidak langsung membatasi kapasitas gigi bevel dalam beberapa aplikasi berkecepatan tinggi.

Gear lurus biasanya dipotong pada generator roda gigi bevel. Dalam beberapa kasus, di mana akurasi tidak terlalu penting, roda gigi roda gigi digiling. Gigi bevel juga bisa dilemparkan. Pemukulan adalah proses yang sering digunakan untuk menyelesaikan gigi bevel lurus. Mencukur tidak praktis untuk gigi bevel lurus, tapi bevel lurus mungkin terasa berat.[13]

Gambar 2.11. Gear Terminology



$$\text{Tan pitch angle, pinion} = \frac{\text{no. teeth in pinion}}{\text{no. teeth in gear}}$$

$$\text{Tan pitch angle, gear} = \frac{\text{no. teeth in gear}}{\text{no. teeth in pinion}}$$

When the shaft angle is less than 90°,

$$\text{Tan pitch angle, pinion} = \frac{\sin \text{ shaft angle}}{\text{ratio} + \cos \text{ shaft angle}}$$

$$\tan \text{pitch angle, gear} = \frac{\sin \text{shaft angle}}{1/\text{ratio} + \cos \text{shaft angle}}$$

When the shaft angle is over than 90° ,

$$\tan \text{pitch angle, pinion} = \frac{\sin (180^\circ - \text{shaft angle})}{\text{ratio} - \cos (180^\circ - \text{shaft angle})}$$

$$\tan \text{pitch angle, gear} = \frac{\sin (180^\circ - \text{shaft angle})}{1/\text{ratio} - \cos (180^\circ - \text{shaft angle})}$$

In all the above cases,

$$\text{Pitch angle, pinion} + \text{pitch angle, gear} = \text{shaft angle}$$

Gambar 2.2. Rumus Gear Bavel

2.3 Flywheel Based Kinetic Energy Recovery System

Sistem KERS merupakan alternatif untuk masa depan. Itu Sistem ini berkelanjutan karena dapat diandalkan, aman bagi konsumen di masa kini dan masa depan, dan harganya lebih murah dari pada hibrida. Selain itu, sistem KERS tidak perlu dan baterai listrik untuk menyimpan 'energinya'. Baterai beracun ini tidak hanya menjadi kurang efisien dari waktu ke waktu, namun juga memerlukan penanganan khusus saat dibuang. Rendahnya pemeliharaan dan kurangnya komponen beracun membuat KERS berkelanjutan untuk masa depan.

Infrastruktur untuk mendukung mobil listrik sepenuhnya tidak berkembang ke titik di mana kendaraan listrik merupakan alternatif yang layak. Sistem pemulihan energi kinetik berbasis roda gila telah diuji dan terbukti menghasilkan penghematan bahan bakar yang sama sambil meningkatkan tenaga kuda. Terbukti di sirkuit balap, dan dalam tahap perkembangan untuk diimplementasikan di kendaraan komersial, sistem KERS berpotensi membuat mobil masa depan lebih hemat bahan bakar dan lebih bertenaga secara berkelanjutan.

Dengan menggunakan persamaan dari rotasi yang memiliki karakteristik energi kinetik, menghasilkan persamaan[14] :

$$KE = \frac{1}{2} I_x \omega^2$$

Dengan bentuk energi kinetik ini bergantung pada momen momen inersia, I_x , dan kecepatan sudutnya ω . Dari persamaan ini, semakin besar momen inersia dan semakin besar kecepatan sudut, semakin banyak energi kinetik rotasi yang akan dipertahankan objek. Energi rotasi benda apapun diatur oleh 'momen inersia. Angka ini mencirikan kemampuan objek untuk menahan perubahan gerak. Flywheel dan cakram pada umumnya memiliki momen inersia yang tinggi. Hal ini penting untuk sistem KERS karena jika roda gila tidak memiliki momen inersia yang tinggi, sistem tidak akan dapat menyimpan energi yang dibutuhkan untuk mempercepat mobil secara efisien. Saat inersia I_x diberikan oleh:

$$I_x = \frac{1}{2} m r^2$$

Dalam kasus penggunaan gear, silinder yang digunakan memiliki densitas ρ , jari-jari r , ketebalan h memiliki massa inersia yang ditentukan oleh :

$$M = \rho \pi h r^2$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 3 ke persamaan 2, momen inersia sekarang diberikan dengan ciri khas roda gear. Menghasilkan Persamaan 4 yaitu :

$$I_x = \frac{1}{2} (\rho \pi h r^2) r^2$$

Dan dengan mengganti persamaan diatas menjadi satu persamaan, dengan cara memberikan rotasi dari energi kinetik didapatkanlah hasil :

$$KE = \frac{1}{4} \rho \pi h r^4 \omega^2$$

2.4 Prinsip Dasar Arus Tegangan dan Daya listrik

Arus atau dengan nama lain disebut Ampere (I) mengartikan banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Satuan arus listrik tersebut disebut Coulomb atau Ampere.[16]

Tegangan dalam bahasa lainnya disebut Volt atau Voltase (V) yang berarti perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan V (Volt). Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik.[16]

Dengan mengetahui apa itu arus maka didapatkanlah persamaan untuk menghitung arus yaitu

$$I = \frac{P}{v} \quad I = \frac{v}{R} \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Gambar 2.3. Rumus menghitung arus[16]

Dimana :

I = Arus listrik

V = Tegangan listrik

R = Tahanan (ohm)

P = Power/daya

Q = Coulomb

T = waktu dalam detik

Tegangan :

$$V = IR \quad V = \sqrt{PR} \quad V = \frac{P}{I}$$

Gambar 2.4. Rumus menghitung tegangan[16]

I = Arus listrik

V = Tegangan listrik

R = Tahanan (ohm)

P = Power/daya

Daya :

$$P = \frac{W}{t} \quad P = \frac{V^2}{R} \quad P = VI \quad P = I^2 R$$

Gambar 2.5 Rumus menghitung daya[16]

P = Daya (watt)

I = Arus (ampere)

R = Tahanan (ohm)

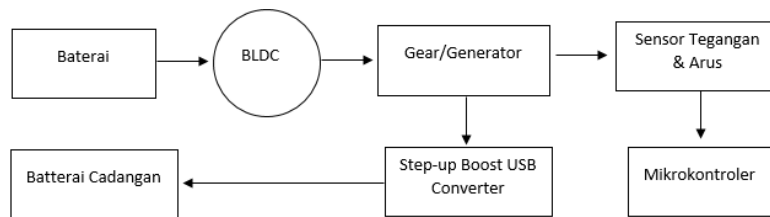
W = Usaha (Joule)

t = Waktu

V = Tegangan/beda potensial (Volt)

3. Perancangan Sistem

3.1. Perancangan Umum

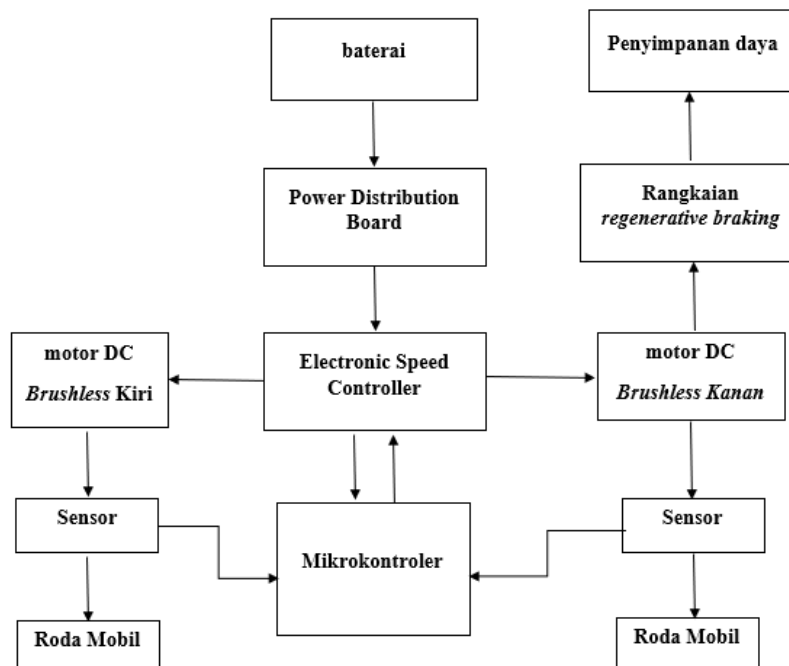


Gambar 3.1. Diagram Regenerative Sistem

Sistem yang akan dibangun adalah sebuah sistem yang berfungsi sebagai pemulihan energi cadangan, sehingga kendaraan yang melakukan perjalanan panjang di daerah yang tidak ada tempat pemberhentian pengisian catu daya bisa melanjutkan perjalanannya lebih panjang.

Pada model Gambar 3.1 penggunaan BLDC Motor akan digunakan sebagai penggerak Utama dari mobil listrik, kemudian saat mobil listrik dijalankan gear yang dipasangkan pada BLDC akan disambungkan kepada generator dan dilanjutkan ke sensor arus untuk melihat arus yang masuk ke baterai, kemudian tegangan DC yang dihasilkan oleh generator akan dilanjutkan boost converter. Dan kemudian tegangan baterai akan diolah dengan mikrokontroler yang akan mengatur penggunaan mikrokontroler. Berdasarkan gambaran Umum diatas dapat diketahui bahwa sistem ini hanya berfungsi sebagai tambahan dengan memanfaatkan bagian pada mobil listrik yang biasanya memiliki free area yaitu pada Brushless Motor DC ditambahkan sebuah gear direct kepada bagian roll motor tersebut dengan menggunakan kombinasi ratio gear 1:4 pada BLDC yang bisa membuat putaran generator menjadi lebih 4 x lipat lebih banyak dengan memanfaatkan rotasi gear yang disambungkan kepada generator motor DC 12 V yang berfungsi sebagai generator listrik energi kinetik, hasil converter tegangan diteruskan ke boost converter dan kemudian disimpan sampai tahap minimum charging yaitu 0.9A dan maximum 5A kemudian diteruskan kepada baterai cadangan.

3.2 Pemodelan Sistem



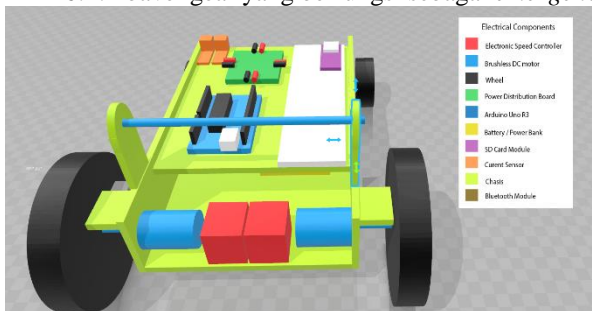
Gambar 3.2 Diagram Blok Perangkat Keras

Gambar 3.2 merupakan perancangan dari perangkat keras yang akan mengatur kecepatan brushless motor DC sehingga akan mendapatkan kecepatan konstan dan bisa melakukan proses auto charging dengan memanfaatkan mikrokontroler.

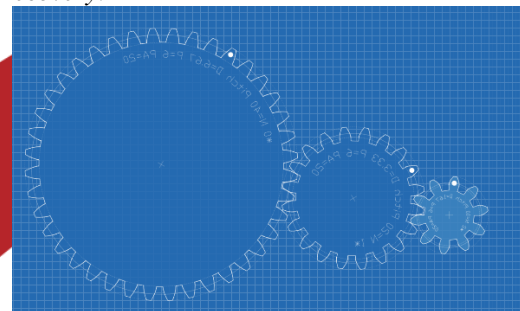
Pada sistem ini mikrokontroler digunakan untuk memberikan sinyal PPM menuju motor, jika sinyal tersebut diterima oleh ESC maka oleh ESC akan di ubah menjadi sinyal PWM yang selanjutnya akan diteruskan menuju brushless motor DC, lalu kecepatan putaran dari brushless motor DC akan dibaca oleh sensor dan selanjutnya dikonversi menjadi kecepatan mobil, dan setelah didapatkan kecepatan mobil maka akan digunakan sistem kendali PID agar kecepatan tersebut tetap bisa bernilai konstan sesuai dengan yang diinginkan

3.2 Kinematika Mobile Robot

Prototype Electric Car adalah sebuah prototipe mobil listrik yang memiliki model 1:10 dengan mobil ukuran mobil yang sebenarnya. Pada robot mobil ini menggunakan sistem direct drive yang berarti memiliki 2 brushless motor DC yang berada pada posisi ban secara langsung, kedua pada bagian roda terdapat 6:4:1 bavel gear yang berfungsi sebagai *emergency recovery*.



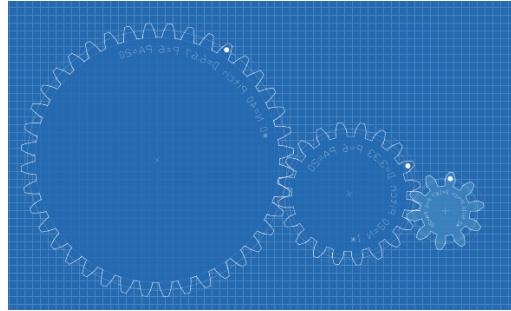
Gambar 3.3. Perancangan *prototype electric car*



Gambar 1.4. Desain Gear

1. Desain model prototype mobil listrik ini menggunakan casis berbahan akrilik yang didesain sesuai dengan ukuran Brushless Motor DC
2. Menggunakan 2 Brushless DC motor Outrunner a2212 1400kv, sebagai penggerak mobil listrik dan gear
3. Dengan menggunakan 2 Encoder dan octocoupler yang diletakan pada Brushless Motor DC yang berfungsi sebagai sensor untuk melihat kecepatan(rpm) laju prototype mobil listrik.
4. Mikrokontroler menggunakan Arduino UNO rev3
5. Sistem kendali prototype mobil listrik ini menggunakan PID
6. ACS712 berfungsi sebagai sensor mengecek arus listrik 2 ACS disbelah Power Distribution digunakan untuk melihat arus listrik yang keluar dari Power Distribution ke ESC(Electronic Speed Controller), dan 1 ACS yang diletakan diatas breadboard berfungsi untuk melihat arus listrik yang dihasilkan oleh generator motor DC 12v.
7. USB step up converter digunakan sebagai sebagi penstabil tegangan 0.9 – 5v dan dikirimkan ke powerbank
8. Untuk daya menggunakan baterai LiPo 12v yang akan terhubung dengan power distribution

3.3 Perancangan Recovery



Gambar 3.5 Desain Gear Penghubung

Perancangan Recovery Energi didasari oleh Model Gear yang akan digunakan sebagai free area wheel yang diletakan di belakang area real wheel dengan ratio 1:4, Recovery energy pada tugas akhir ini menggunakan konsep kinetic energy recovery system(KERS) yang memanfaatkan BLDC sebagai pemberi gaya pada gear sehingga generator mendapatkan putaran rotasi yang bisa menghasilkan energi listrik.

Gear Ratio :

Pada Gambar 3.16. penulis menggunakan 3 gear yang memiliki ukuran yang berbeda yaitu :

Gear Penggerak = 40 *Pitch*

Gear Tengah = 20 *Pitch*

Gear Generator = 10 *Pitch*

Dengan menggunakan persamaan perhitungan Gear Ratio dasar yaitu

$$Gear\ Ratio = \frac{Driven}{Driving} \dots\dots\dots (1)$$

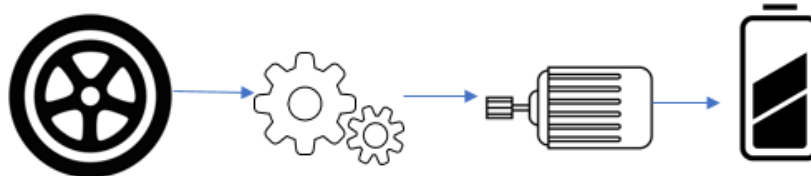
Menggunakan persamaan (1) yang digunakan pada perhitungan gear ratio pada prototype mobil listrik recovery ini maka menjadi :

$$Gear\ Ratio = \frac{20}{40} \times \frac{10}{20} = \frac{1}{4} = 1:4 \dots\dots\dots (2)$$

Dengan ratio gear 1:4 yang berarti 1 kali putaran dari gigi penggerak menghasilkan 4 putaran pada generator. Jika putaran dari generator berputar secara penuh 4 kali dalam waktu 60 detik maka 4 x 60= 240rad/s kecepatan yang didapatkan adalah 240rad/s

3.4 Perancangan Generator, Step Up, dan Baterai

Generator yang digunakan sebagai pembangkit listrik adalah motor DC 12v. dengan memanfaatkan laju mobil dan putaran brushless motor dc dengan spesifikasi :



Gambar 3.6 Korelasi KE dan Energy Recovery

Gear : 1:4

i = ACS712 sensor value

m = 2,2kg

Ban : d=7cm

$$w = \pi d = 3,14 \times 7cm = 22,19\ cm/rpm$$

Dengan memasukan kecepatan rata-rata pada posisi lurus 30rpm

$$w = 22,19\ cm/rpm \times 30\ rpm = 665,7\ cm/min$$

Dikonversikan 1 menit = 60 detik

$$v_{linier} = \frac{665,7\ cm/min}{60s} = 11,095\ cm/s = 0,1195\ m/s$$

Kemudian hasil kecepatan yang didapat dari rotasi gear pada Generator 1: 4

$$v_g = Kecepatan\ Rotasi\ Gear\ pada\ Generator\ 1: 4$$

$$v_g = 0.1195\ m/s \times 4 = 0,478\ m/s$$

Dimana hasil energi kinetic yang dihasilkan adalah

$$EK = \frac{1}{2}mv_g^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,2 \cdot 0,478^2 = 0.2508\ J$$

Dengan nilai Energi Kinetic 0.2508 J yang berarti 0.2508 Watts maka :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{0.2508}{1.45} = 0.1729 \text{ A}$$

Dengan Output Arus mengambil dari sampel pengujian minimum yaitu 0.29 yang jika dengan perhitungan diatas kurang lebih 0.1729 A dan test multi meter nilai yang keluar adalah 0.27 A-0.31 A pada kecepatan minimum Generator bisa menghasilkan Arus Listrik sebesar 0.1729 A/rpm

4. Analisis dan Pengujian

Pada bagian Analisis dan pengujian ini membahas tentang pengujian dan analisis dari sistem yang telah dibuat pada penelitian ini. Pengujian meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak yang bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat keras maupun perangkat lunak yang telah di buat dapat bekerja sesuai dengan yang di harapkan

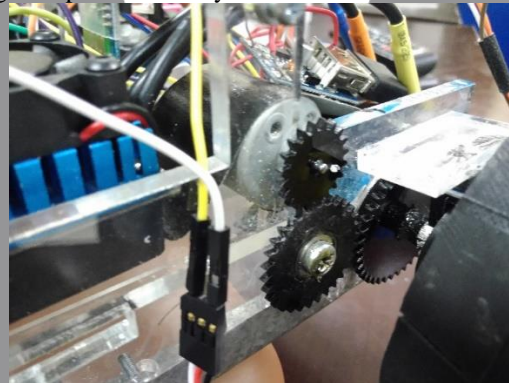
4.1 Pengujian Rotasi Gear

Tujuan Pengujian dari ratio gear ini adalah untuk mengetahui berapa jumlah rotasi per minute pada inputan PPM 90-105 sebagai penggerak.

Tabel 4.1. Pengujian Gear Ratio

PPM	RPM
90	1753
101	3352
105	4129
107	5620

Berdasarkan Tabel 4.1 dan gambar 4.1 dapat dilihat kondisi yang stabil ketika dalam posisi melayang adalah 90-105 PWM selebih dari itu kondisi chasis tidak dapat menahan getaran dari putaran BLDC yang terlalu cepat sehingga memungkinkan gear lepas dari areanya.



Gambar 4.1. Gear 1:4 pada Brushless dan Generator,

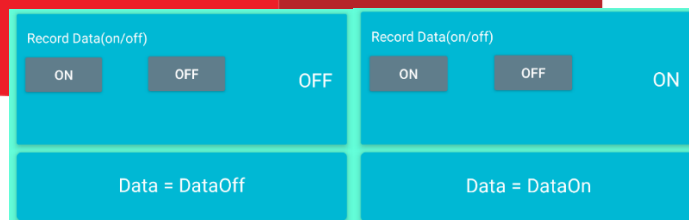
4.2 Pengujian Komunikasi Serial

Pengujian Komunikasi serial dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah hasil dari energi recovery yang dihasilkan oleh generator secara *details* dan *realtime*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Arduino UNO sebagai kontrol komunikasi antar prototype mobil listrik dan aplikasi android. Catu daya yang digunakan adalah baterai lipo 2200Mah yang dayanya dibatasi oleh Power Distribution sehingga daya yang dikeluarkan sesuai dengan kebutuhan Brushless Motor DC yaitu 7-12V



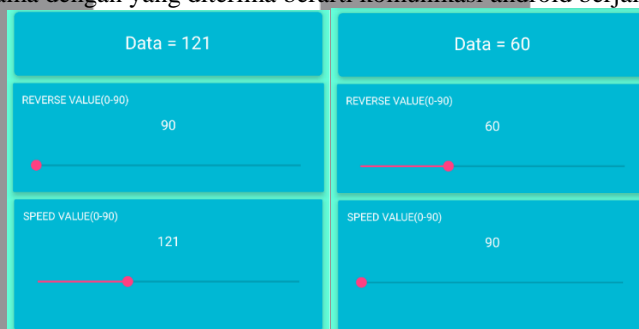
Gambar 4.2. Pengujian Komunikasi Serial

Pengujian serial dilakukan dengan menggunakan prototype mobil listrik dalam kondisi melayang. Dalam komunikasi serial tersebut dihubungkan dengan bluetooth modul untuk menerima perintah dari aplikasi android dan data yang dihasilkan disimpan pada SD Card Modul. Gambar 4.2 merupakan tampilan aplikasi android dari pengujian energy recovery/PID/output arus, hasil dari pengujian serial komunikasi dapat terlihat pada Pengujian Recovery.



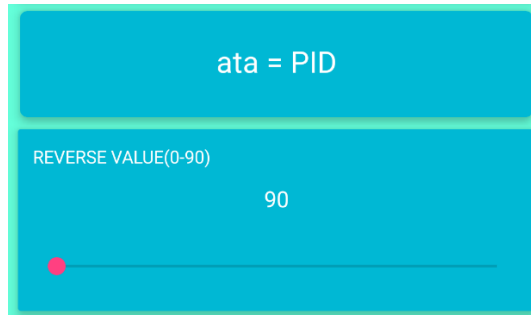
Gambar 4.3 Fitur Penyimpanan data pada aplikasi

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat hasil dari pengujian fitur penyimpanan data pada aplikasi android, saat pengguna menekan tombol ON maka android akan mengirimkan data berupa *string* dengan nilai "DataOn" dan ketika menekan tombol OFF android akan mengirimkan data berupa *string* dengan nilai "DataOff", data akan dikirimkan menuju Arduino lalu pada Arduino akan dikirim kembali sebagai *feedback* menuju aplikasi android, jika data *feedback* yang dikirim sama dengan yang diterima berarti komunikasi android berjalan normal.



Gambar 4.4 Fitur pengaturan kecepatan maju dan mundur

Sama halnya dengan penujian penyimpanan data, pada pengujian pengaturan kecepatan data juga dikirim dan akan menerima *feedback*, akan tetapi selain *feedback* data yang diterima, juga akan dilihat kecepatan dari *brushless dc motor*, kecepatan motor akan dilihat dan dibandingkan dengan *feedback* yang dikirim oleh aplikasi, jika semakin besar data yang dikirim kecepatan semakin cepat maka aplikasi berjalan dengan semestinya.



Gambar 4.5 fitur pengaturan kecepatan otomatis menggunakan PID

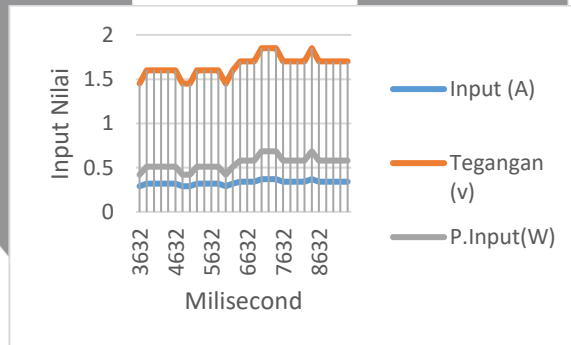
Pada pengujian fitur PID akan selain dilihat *feedback* dari data yang dikirim, akan dilihat juga data yang disimpan pada memori, data tersebut kemudian akan dianalisis lebih jauh pada pengujian sistem kendali PID

4.3 Pengujian Regenerative Energy

Tujuan dari pengujian Regenerative Recovery Energy ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak Input dan Output Arus, Tegangan, dan daya dengan 2 cara yaitu pengujian prototype mobil listrik recovery energy yang dijalankan pada posisi tanpa menyentuh tanah dengan kata lain melayang dan pada posisi prototype mobil listrik dijalankan pada lintasan. Gear diletakan pada bagian BLDC akan melakukan rotasi sesuai dengan kondisi kecepatan mobil listrik sehingga generator bisa mendapatkan gaya gesek dari gear dan menghasilkan arus listrik. Data tersebut akan diteruskan pada sensor arus ACS712, kemudian disimpan pada SD card dan diteruskan ke baterai cadangan yaitu powerbank. Data tersebut akan di proses sampai mendapatkan hasil yang stabil dengan metode trial error yang dilakukan pada pengujian Sistem kendali PID

a. Pengujian Melayang

Penggunaan metode ini dilakukan dengan cara meletakkan prototype mobil listrik caru daya otomatis pada penyanggah sehingga posisi ban tidak menyentuh tanah. Berikut hasil pengujian melayang dengan gear ratio 1:4



Gambar 4.6. Respon Nilai pada saat diberikan set value PPM 90

Dengan hasil pengujian diatas didapatkanlah rata-rata arus sebesar 0,33 A dan rata-rata tegangan 1,653 V dengan set PPM90 yang memiliki kecepatan rata-rata 1753 rpm maka

$$w = 22,19 \text{ cm}/\text{rpm} \times 1753 \text{ rpm} = 38,899 \text{ cm}/\text{min}$$

Dikonversikan 1 menit = 60 detik

$$v_{linier} = \frac{38,899 \text{ cm}/\text{min}}{60s} = \text{cm}/s = 0,648 \text{ m}/s$$

Kemudian hasil kecepatan yang didapat dari rotasi ban di kalikan dengan ratio gear

$$v_g = \text{Kecepatan Rotasi Gear pada Generator } 1:4$$

$$v_g = 0,648 \text{ m}/s \times 4 = 2,592 \text{ m}/s$$

Dimana hasil energi kinetik yang dihasilkan adalah

$$EK = \frac{1}{2} m v_g^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 2,592^2 = 5,374 \text{ J}$$

Dengan nilai Energi Kinetik 5,374 J yang berarti output dari brushless motor DC adalah 5,734 W sedangkan Input daya pada baterai cadangan adalah 1.653W maka :

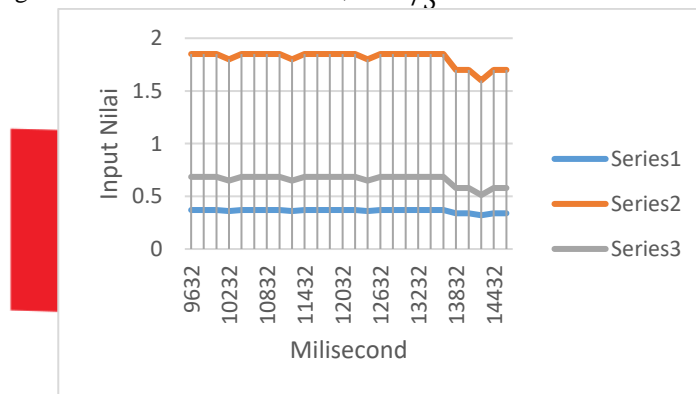
$$I = \frac{P}{V} = \frac{5,374 \text{ W}}{1.6533 \text{ V}} = 3,250 \text{ A}$$

Nilai Arus yang dikeluarkan oleh Korelasi Brushless dengan Kinetic Energy adalah 3.250A per menit maka:

$$TF = \frac{3.250A \times 60S}{120rpm} = 1,625 \text{ A/Min} = 0,278 \text{ A/S}$$

Dengan Output Arus mengambil dari sampel pengujian rata-rata yaitu 0.33 dan test multi meter nilai yang keluar adalah 0.29 A- 0.35 A

Dimana 1 putaran dari brushless motor DC pada kecepatan minimum bisa menghasilkan 4 putaran pada generator dan menghasilkan arus listrik sebesar 0,278 A/S

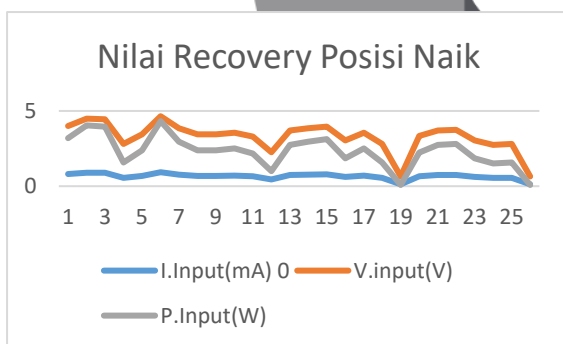


Gambar 4.7. Respon Nilai Set Value 93

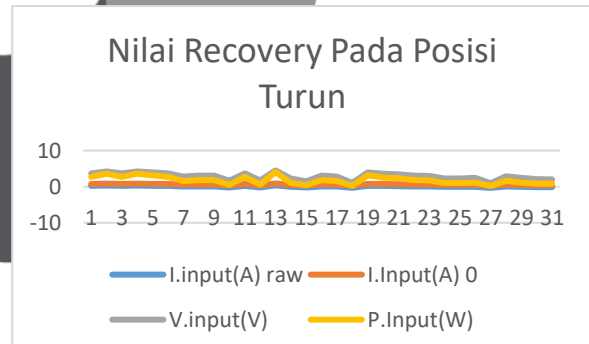
Berdasarkan hasil pengujian melayang diatas dapat dilihat bahwa dengan memanfaatkan ruangan kosong pada BLDC dengan memasang gear penggerak yang memberikan putaran pada generator bisa menghasilkan arus listrik, dimana arus yang dihasilkan pada recovery energi ini dengan rata-rata nilai yang mencukupi batas minimum charging dengan charging minimum mobil listrik ukuran sebenarnya memiliki model-model charging yang berbeda yaitu Lv1(12A) dan Lv2(hingga 80A) setiap tipe pengisian memiliki spesifikasi minimum masing-masing^[17]. pada Gambar 4.3 dan 4.4. posisi grafik cukup stabil dengan rata-rata saat pengujian Set Value 90 menghasilkan 0.33067 A dan set Value 93 menghasilkan 0.362308 A.

b. Pengujian di Lintasan

Pengujian pada lintasan ini masih menggunakan tipe gear ratio 1:6 dan memiliki beberapa pitch yang tidak tersambung antara pitch lainnya



Gambar 4.8. Posisi Naik



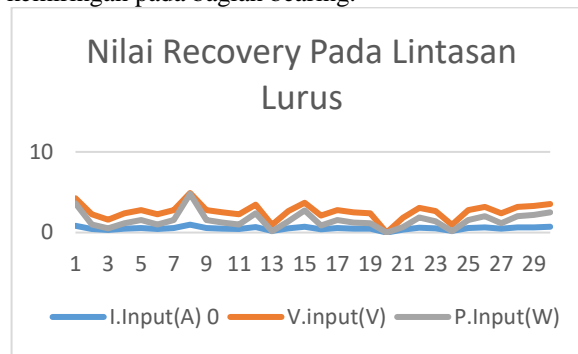
Gambar 4.9. Posisi Turun

Pada pengujian dilintasan ini yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. bahan yang digunakan pada lintasan ini adalah Triplek dan kayu dengan sudut kemiringan 44 derajat dengan menggunakan tipe Brushless DC motor Outrunner a2212 1400kv bisa menahan dengan kecepatan yang diinginkan secara konstan.

Berdasarkan hasil pengujian dilintasan diatas dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5 bahwa generator bisa menghasilkan arus listrik pada lintasan dengan sudut kemiringan 44 derajat, dimana arus yang dihasilkan pada recovery energi ini dengan rata-rata pada posisi naik yang bisa dilihat pada tabel dan distep up sampai batas minimum charger,

Nilai-nilai yang berhasil dipulihkan pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan 4.7. dimana ada beberapa bagian grafik yang mencapai 0 hal ini disebabkan oleh fluks gear yang tidak sejajar

antara Penggerak, idle, dan yang digerakan, penyebab utama pada kemiringan tersebut adalah posisi chasis yang digunakan memiliki kemiringan pada bagian bearing.



Gambar 4.10. Respon Nilai Lintasan Lurus

Pada pengujian dilintasan lurus yang memiliki panjang 3m generator berhasil melakukan pemulihan energi ada beberapa hasil yang menyebabkan sensor tidak membaca atau 0 disebabkan oleh masalah yang sama pada saat pengujian melayang, naik dan turun hal ini dikarenakan rotasi ban yang digunakan tidak stabil

5. Kesimpulan dan Saran

Pada Tugas Akhir ini telah dirancang catu daya otomatis dengan nilai parameter yang tepat untuk melakukan pengisian otomatis yang memanfaatkan gaya gerak dari setiap rotasi Brushless Motor DC. Brushless Motor DC tersebut berfungsi sebagai penggerak dari prototype mobil listrik, Hasil pengujian yang telah dilakukan dengan metode yang digunakan yaitu melayang dan dilintasan didapatkanlah data rata-rata dari dari pengisian otomatis yaitu 0.33 A/s pada saat pengujian dengan memanfaatkan ruangan kosong pada *Brushless* Motor DC dan dipasangkan sebuah gear dengan ratio 1:4 yang berarti 1 putaran *BLDC* sama dengan 4 kali putaran pada Generator catu daya otomatis. Pada saat pengujian didapatkan lah hasil pengisian arus, tegangan dan daya yang berhasil melakukan regenerative pada powerbank dengan tiap rotasi yang dihasilkan oleh *BLDC* dengan rata-rata Input nilai yang diskalakan pada mobil sebenarnya yaitu 1:10 mobil listrik masih bisa melakukan recovery dengan posisi mobil dalam keadaan lurus, naik dan turun.

Beberapa Bagian pada pengujian Regenerative ini terdapat beberapa *pitch* yang tidak tersambung secara penuh pada idler gear dan driven gear yang meyebabkan ada beberapa saat generator tidak bisa melakukan recovery dengan kata lain 0 output hal ini disebabkan oleh tidak lurusnya posisi gear pada prototype ini, tetapi pada saat tipe gear diganti dengan *pitch* yang terpasang rapi hasil yang didapatkan pada prototype cukup bagus dengan input arus listrik yang cukup stabil

Saran yang dapat diberikan penulis untuk penelitian selanjutnya dalam konsep pengisian catu daya otomatis ini harus melakukan perencanaan dasar sebaik mungkin terutama pada perancangan Chasis, Gear, Tipe Motor, dan Ban karena hal tersebut sangat mempengaruhi nilai dari pengujian yang akan dilakukan terutama pada bagian Motor sangat tidak dianjurkan untuk menggunakan Brushless Motor DC karena penggunaan Sensor Motor sangatlah sensitif dan menggunakan Axle connection pada Gear sehingga gear memiliki ratio yang lebih besar dan mampu melakukan pengisian otomatis dengan minimum Gear Ratio 1:10.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. V Fulton and N. D. Bastian, "A fuel cost comparison of electric and gas-powered vehicles," *Energy, Clim. Environ. Model. Simul. 2012, ECEMS 2012, Part 2012 Autumn Simul. Multiconference, AutumnSim 2012*, vol. 44, no. 16, pp. 20–25, 2012.
- [2] N. Nugroho and S. Agustina, "Analisa Motor Dc (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik," vol. 2, no. 1, pp. 28–34, 2015.
- [3] S. S. Menon, S. Mohan, R. Disney, and S. Sukumaran, "Design and Analysis of Kinetic Energy Recovery System in," *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 8, pp. 3701–3709, 2013.
- [4] Volkswagen Academy, "Basics of Electric Vehicles Design and Function," p. 62, 2013.
- [5] Harifuddin, "PEMODELAN DAN PENGENDALIAN MOTOR DC TERKENDALI JANGKAR Harifuddin," *Jur. Pendidik. Tek. Elektro, Univ. Negeri Makasar*.
- [6] M. A. Zumain, "PROTOTIPE MOBIL LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN MOTOR DC MAGNET PERMANEN 0.37 HP," 2009.
- [7] "Motor DC." [Online]. Available: <https://konversi.wordpress.com/2009/06/12/motor-dc-tipe-tipe-belitan/>. [Accessed: 27-Feb-2017].
- [8] "No Ti." [Online]. Available: <https://crizkydwi.wordpress.com/2014/11/05/motor-dc-dan-generator-dc>. [Accessed: 27-Feb-2017].
- [9] A. Kadir, "*Buku Pintar Pemerogaman Arduino*", 1st ed. Mediakom, 2015.
- [10] F. Integrated, H. E. Linear, and C. Sensor, "ACS712," pp. 1–15.
- [11] "ACS712." [Online]. Available: <http://embedded-lab.com/blog/wp-content/uploads/2012/01/ActualModule.jpg>. [Accessed: 01-Feb-2017].
- [12] A. . Fallis, "Arduino UNO," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [13] Radzevich, Stephen P. "HANDBOOK OF PRACTICAL GEAR DESIGN AND MANUFACTURE", 6000 Broken Sound Parkway NW Suite 300, 2012
- [14] Reichel, Noah and Shieh, Preston "Flywheel based kinetic energy recovery system", University of Pittsburgh Swanson School of Engineering, 2015.
- [15] W. H. Power, "Flywheel Energy Storage," 2013.
- [16] Walker, Jearl, "*Fundamental Physics Textbook*.", 10th edition, Cleveland State University, United States of America, 2014 .
- [17] T. I. Guide, "ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS Technical Installation Guide", Hydro-Quebec, August 2015.