

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SMART OTOPED ELECTRIC

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART OTOPED ELECTRIC

Swido Gari Tidargo¹, Angga Rusdinar, S.T., M.T., Ph.D.², Ig. Prasetya Wibawa, S.T., M.T.³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹swidogari@student.telkomuniversity.ac.id, ²anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id,

³prasdwbawa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penggunaan konsep kendaraan listrik merupakan pengembangan yang sedang menjadi tren pada perkembangan dunia otomotif. Ketergantungan pada bahan bakar minyak (BBM) mendorong pengembangan dunia otomotif untuk menghadirkan suatu kendaraan transportasi alternatif sebagai solusi kendaraan transportasi masa depan. Tuntutan akan penyediaan kendaraan untuk transportasi yang mempunyai sifat efisiensi tinggi dan emisi polutan yang rendah menjadi transportasi masa depan dan menjadi revolusi kendaraan sebagai transportasi yang dapat diandalkan.

Tugas akhir ini bertujuan untuk menciptakan sebuah *otoped* listrik dengan menggunakan Radio *Frequency Identification* (RFID) sebagai *smart key* untuk menghidupkan sistem kelistrikan pada *otoped*, dan *Liquid Crystal Display* (LCD) Nextion sebagai *user interface* sistem keseluruhan *otoped*. Pada umumnya, kendaraan transportasi listrik berupa mobil listrik atau sepeda motor listrik. Hadirnya *otoped* listrik ini menjadi fenomena dalam perkembangan dunia transportasi kendaraan listrik yang dapat dikendarai atau digunakan mulai dari anak-anak hingga usia lanjut.

Pada tugas akhir ini, implementasi perancangan desain pada *otoped smart key* untuk menghidupkan sistem kelistrikan. Pada saat pengujian *output piezoelectric*, nilai maksimum percepatan yang dihasilkan accelerometer adalah 14457 m/s² menghasilkan *output* daya sebesar 126 μ Watt. Pengujian efisiensi daya rata-rata BLDC adalah 78%. Pengujian pengisian baterai memerlukan waktu rata-rata 100 menit dengan tegangan maksimum adalah 38,15.

Kata Kunci : *smart key, smart otoped.*

Abstract

The use of the concept of electric vehicles is a development that is becoming a trend in the development of the automotive world. Dependence on fuel oil (BBM) encourages the development of the automotive world to present an alternative transportation vehicle as a solution for future transportation vehicles. The demand for the provision of vehicles for transportation that have high efficiency properties and low pollutant emissions are the future transportation and become a vehicle revolution as a reliable transportation.

This final project aims to create an electric scooter using Radio Frequency Identification (RFID) as a smart key to power electrical systems on autoparts and Liquid Crystal Display (LCD) Nextion as a fully automatic whole system user interface. In general, electric transportation vehicles are electric cars or electric motorbikes. The presence of electric scooters has become a phenomenon in the development of the world of transportation of electric vehicles that can be driven or used ranging from children to old age.

In this final project, the implementation of smart key design to drive the electrical system. When testing piezoelectric output, the maximum value generated by the accelerometer is 14457 m / s² resulting in a power output of 126 μ Watt. The average BLDC test is 78%. The absolute battery charging test is an average time of 100 minutes with a maximum voltage of 38.15.

Keywords: *smart key, smart otoped.*

1. Pendahuluan

Di era modern ini, perkembangan teknologi transportasi berkembang sangat pesat dan seolah tiada hentinya dalam segi teknologi. Perkembangan teknologi transportasi ini pun dapat kita rasakan di setiap aspek kehidupan. Salah satu aspek yang paling merasakan perkembangan teknologi adalah aspek transportasi. Jika di zaman dahulu orang harus bepergian dengan berjalan kaki dan harus menempuh waktu yang lebih lama, sekarang kita dapat melihat dengan mudah mobil, motor bahkan pesawat melintas. Hal ini sangat membantu manusia untuk bepergian sehingga tidak memerlukan waktu yang lama dan tidak memakan banyak tenaga.

Jika keterbatasan sumber energi sebagai bahan bakar dalam hal transportasi dan ruang berkendara yang semakin padat maka dibuatlah *smart otoped electric*. *Otoped* ini memiliki fitur-fitur yang dapat berfungsi sebagai monitor sistem listrik. Kemajuan teknologi pada bidang transportasi tidak hanya sampai disitu saja. Kecanggihan

teknologi sekarang berhasil membuat kendaraan-kendaraan yang canggih dan lebih moderen dalam fitur *user interface*. Selain itu, *otoped* juga merasakan keuntungan dari kecanggihan teknologi yaitu berupa bermacam-macamnya jenis *otoped* yang masing-masing mempunyai spesialisasinya masing-masing. Tanpa kemajuan teknologi hal ini tentu tidak dapat direalisasikan.

Smart otoped electric adalah sebuah transportasi menggunakan energi listrik dengan *battery* lithium ion (Li-Ion). *Smart otoped electric* ini terdapat sejumlah sensor untuk mempermudah dalam *me-monitoring* sistem kerja pada *otoped* tersebut. Antara lain: sensor tegangan, sensor arus, sensor rem, sensor *throttle*, dan sensor kecepatan. Seluruh sensor digunakan untuk fitur *user interface* pada LCD Nextion HMI.

Namun, banyak teknologi canggih yang ada tidak diaplikasikan pada *otoped electric*, seperti sistem keamanan pada *otoped electric*. Sistem keamanan dan sistem energi terbarukan apabila dipadukan akan memiliki tantangan tersendiri. Hal ini dikarenakan *otoped* merupakan kendaraan roda dua yang membuat *otoped* tidak termasuk kendaraan yang mampu menghasilkan energi listrik seperti kendaraan bermesin lainnya.

Alasan penulis mengangkat tema "*Smart Otoped Electric*" adalah karena adanya perkembangan teknologi transportasi yang mendorong perubahan untuk lebih ramah lingkungan. Oleh sebab itu, melalui *roadmap*, dapat diperkirakan bahwa pada tahun 2025 setidaknya 20% transportasi yang diproduksi adalah berupa transportasi menggunakan energi listrik [11]. Nantinya di Indonesia terdapat tiga jenis kendaraan yang menggunakan energi listrik [12], yaitu *plug-in hybrid* (PHV), *electric vehicle* (EV), dan *Plug-in Hybrid Electric* (PHEV). *Plug-in hybrid* (PHV) adalah kendaraan yang secara khusus menggunakan mesin bensin konvensional untuk mengisi *battery* daripada menggunakan mesin bensin konvensional untuk penggerak utama. *Electric vehicle* (EV) merupakan sebuah kendaraan dengan sumber tenaga listrik. Sedangkan pada kendaraan dengan teknologi PHEV mendapatkan dua sumber tenaga yakni bahan bakar minyak dan listrik.

Dengan latar belakang tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul "Perancangan dan Implementasi *Smart Otoped Electric*".

2. Dasar Teori

2.1. LCD Nextion HMI

LCD Nextion HMI merupakan (HMI) *Human Machine Interface* yang menyediakan kontrol dan visualisasi antarmuka antara manusia dan proses, mesin, aplikasi atau alat. Dalam bidang *visualisation interface*, LCD ini dapat menggantikan LCD tradisional dan tabung LED. Pada bagian perangkat kerat, LCD ini tergolong (TFT) *Thin Film Transistor* yang merupakan jenis layar LCD smartphone pada umumnya. Jenis Layar TFT, menawarkan kualitas yang lebih baik, termasuk gambar dan resolusi lebih tinggi jika dibandingkan dengan generasi layar sebelumnya. Pada bagian perangkat lunak, menggunakan Nextion Editor sebagai *software* mengelola tampilan pada layar. LCD Nextion hanya menggunakan satu port serial untuk berkomunikasi, dan kelebihan lainnya dari LCD Nextion adalah memiliki fitur dan fungsi *drag and drop* yang membantu dalam merancang (GUI) *Guide User Interface*.

2.2. AVR Atmega328

AVR adalah sebuah mikrokontroler yang dibuat dengan menggunakan arsitektur Harvard dimana data dan program disimpan secara terpisah sehingga sangat baik untuk sebuah sistem terbenam di lapangan karena terlindungi dari interferensi yang dapat merusak isi program^[1]. Salah satu mikrokontroler keluarga AVR yang dipergunakan pada penelitian ini yaitu ATmega328 dengan spesifikasi clock maksimum 20MHz, 32KB *flash memory* 2KB SRAM, 26 pin I/O, serial USART, SPI, I2C, *timer/conter*, dan beberapa fitur lainnya.

2.3. BLDC

Brushless DC motor adalah jenis motor DC yang tidak memiliki brush pada strukturnya. Tidak adanya brush pada BLDC motor membuat BLDC motor lebih reliable karena tidak perlu mengganti brush seperti pada motor DC dengan brush. Selain itu, BLDC motor memiliki efisiensi hingga 85-90% dimana motor DC biasa hanya memiliki efisiensi 75-80%. BLDC juga sangat baik untuk digunakan untuk pengaplikasian yang membutuhkan kecepatan tinggi.

2.4. RFID

RFID (Radio Frequency Identification) adalah teknologi yang menggabungkan penggunaan kopling elektromagnetik atau elektrostatik di bagian frekuensi radio (RF) dari spektrum elektromagnetik untuk mengidentifikasi secara unik objek, hewan, atau orang. RFID semakin banyak digunakan di industri sebagai alternatif kode bar. Keuntungan dari RFID adalah bahwa ia tidak memerlukan kontak langsung atau pemindaian jarak jauh. Sistem RFID terdiri dari tiga komponen: antena dan transceiver (sering digabungkan menjadi satu pembaca) dan transponder (tag). Antena menggunakan gelombang frekuensi radio untuk mentransmisikan sinyal yang mengaktifkan transponder.

2.5 Piezoelektrik

Piezoelectric merupakan suatu material yang dapat menghasilkan perbedaan muatan listrik antara kedua sisinya jika mengalami deformasi atau perubahan dimensi. Efek *piezoelectric* adalah muatan listrik yang terakumulasi dalam bahan tertentu, seperti kristal dan keramik akibat dari *mechanical pressure* (tekanan). Bahan *piezoelectric* diantaranya: Barium titanate (BaTiO₃), Lead zirconium titanate (PZT), Lead titanate (PbTiO₃). Bahan yang terbentuk melalui proses polarisasi sehingga terdapat bagian molekul bermuatan positif dan sebagian lainnya bermuatan negatif membentuk elektroda-elektroda yang menempel pada dua sisi yang berlawanan dan menghasilkan medan listrik material yang dapat berubah akibat gaya mekanik.

2.6 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah modul yang digunakan untuk mengukur tegangan DC input dengan faktor *resistive divider* 5. Modul ini bekerja berdasarkan prinsip *resistive divider*, membuat tegangan yang akan di deteksi berkurang 5x lipat. Tegangan input analog pada arduino 0-5v, sehingga tegangan maksimum yang dapat di deteksi oleh sensor adalah $5 \times 5v = 25v$. Jika menggunakan sistem tegangan 3.3v, maka tegangan maksimum yang dapat di deteksi adalah sebesar $3.3v \times 5 = 16.5v$.

2.7 Sensor ACS712

Sensor ACS712 30A adalah sensor untuk mengukur arus pada aliran listrik AC maupun DC yang biasa digunakan pada sistem kendali otomatisasi. Seperti pada sistem keamanan arus beban pada listrik, *monitoring* beban arus jarak jauh, KWH meter dll. Sensor ini mampu mengukur arus dari -30A sampai dengan 30A. Setiap arus yang di lalui oleh sensor ini maka ada perubahan tegangan pada output sensor. Tegangan 0-2.5v range arus sebesar -30A sampai 0A, sementara tegangan 2.5v sampai 5v range nya adalah 0A sampai 30A.

2.8 RTC (Realtime Clock)

Komponen *Realtime clock* merupakan komponen IC (*Integrated Circuit*) penghitung yang dapat difungsikan sebagai sumber data waktu baik berupa data jam, hari, bulan maupun tahun. Komponen DS1307 berupa IC memerlukan komponen pendukung lainnya seperti *crystal* sebagai sumber *clock* dan *Battery External* 3,6 Volt sebagai sumber energy cadangan agar fungsi penghitung tidak berhenti. Bentuk komunikasi data dari IC RTC adalah I²C (*Inter Integrated Circuit*). Komunikasi jenis ini hanya menggunakan 2 jalur komunikasi yaitu SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*).

2.9 Sensor Speed Multi Speedometer

Sensor kecepatan atau *velocity* sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan gerak benda yang dikonversi kedalam bentuk sinyal elektrik. Proses penginderaan sensor kecepatan merupakan proses kebalikan dari suatu motor, dimana pada poros/objek yang berputar pada suatu generator akan menghasilkan suatu tegangan yang sebanding dengan kecepatan perputaran objek. Kecepatan putar dapat diukur dengan mengindera pulsa magnetis (induksi) yang timbul saat magnetis terjadi. Lalu tegangan dikirim ke ECM (*Electronic Control Module*) yang mengontrol dan memonitor *electronic engine* dengan cara mengolah data yang berasal dari komponen input melalui program.

3. Perancangan Sistem

Pada "Perancangan dan Implementasi *Smart Otoped Electric*" ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Sistem menggunakan sensor tegangan, ACS712, modul RFID, multi speedometer, dan *piezoelectric* yang berfungsi sebagai piranti masukan (*input*) sistem. Sedangkan pada bagian pemrosesan masukan data digunakan sebuah mikrokontroler berbasis ATmega328.

Pada sisi keluaran (*output*) sistem, terdiri dari 1 buah ESC (*Electric Speed Control*) dan sebuah terminal charger. Pada perancangan sistem keluaran ESC (*Electric Speed Control*) BLDC controller terhubung dengan satu buah motor BLDC yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran motor BLDC yang berada pada bagian belakang alat ini.

3.1 Perancangan Sistem Kontrol

Seluruh sistem pada *otoped* akan berfungsi melalui penggunaan RFID. *Piezoelectric* yang terintegrasi pada sistem dapat menghasilkan sumber energi terbarukan. Energi ini ditimbulkan karena adanya daya tekan pada pijakan *otoped* yang berfungsi sebagai penghasil tegangan.

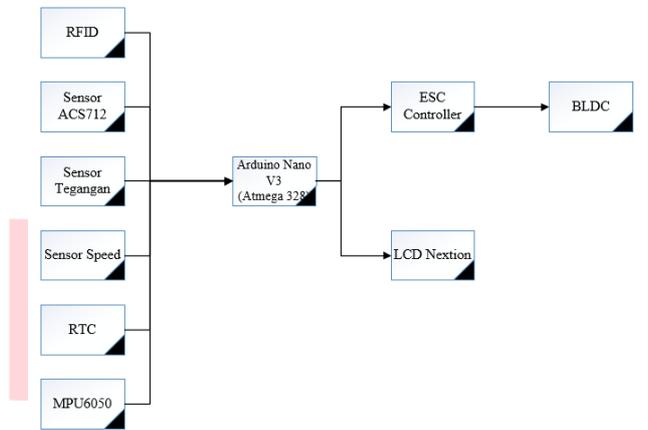
Blok diagram sistem kontrol pada perancangan *smart otoped electric* ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

3.2 Blok Diagram Elektronika

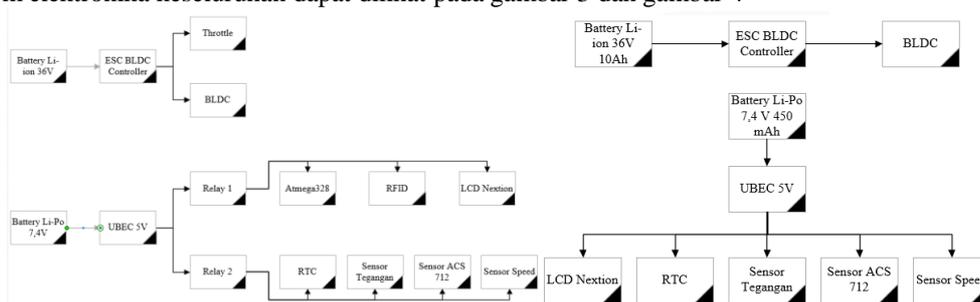
Blok diagram elektronika pada perancangan *smart otoped electric* ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Elektronika

3.3 Perancangan Sistem Elektronika Keseluruhan

Sistem elektronika keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4

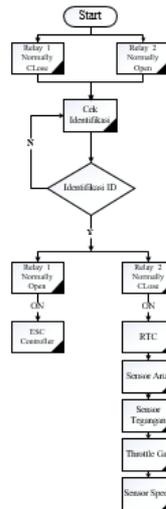


Gambar 3. Diagram Blok Sistem Elektronika

Gambar 4. Diagram Blok Pembagi Daya

3.2. Perancangan Konsep Kerja Sistem

Sebelum *otoped* dapat dioperasikan, terlebih dahulu menekan *push-button* untuk menghidupkan mikrokontroler (Atmega328) dan RFID. Pada kondisi mikrokontroler (Atmega328) dan RFID sudah menyala, inisialisasi pada relay ke ESC BLDC Controller adalah *normally closed* agar BLDC tidak dapat di nyalakan. Sedangkan relay ke catu daya 5 volt untuk perangkat elektronika seperti sensor, RTC dan LCD Nextion agar dalam kondisi *off*.



Gambar 5. Sub Flowchart Inisialisasi Kondisi Pembagian Daya

3.3 Desain Mekanik

Bentuk desain perancangan *otoped* mempunyai panjang 175cm, lebar 60cm, tinggi 90cm, kerangka berbahan galvanis, dan menggunakan BLDC 250watt yang sudah terintegrasi dengan *velg* berukuran 20 inchi. Gambar 6 sampai 8 menunjukkan desain mekanik *otoped*.



Gambar 6. Otoped Tampak Depan



Gambar 7. Otoped Tampak Samping



Gambar 8. Otoped Tampak Belakang

4. Hasil Percobaan dan Analisa

4.1 Pengujian Simulasi Nextion Editor

Untuk melihat hasil simulasi desain yang telah di buat pada *software* Nextion Editor. Ditunjukkan pada gambar 9.

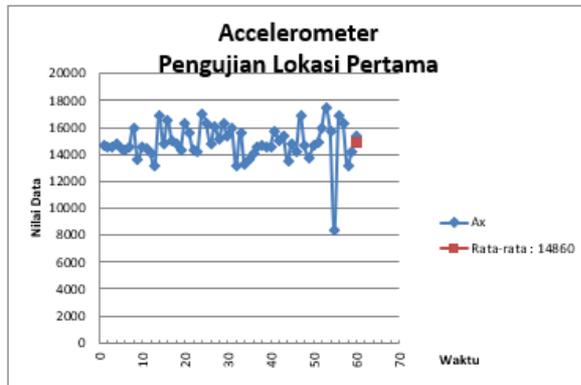


Gambar 9. Interface ID pada Nextion Editor

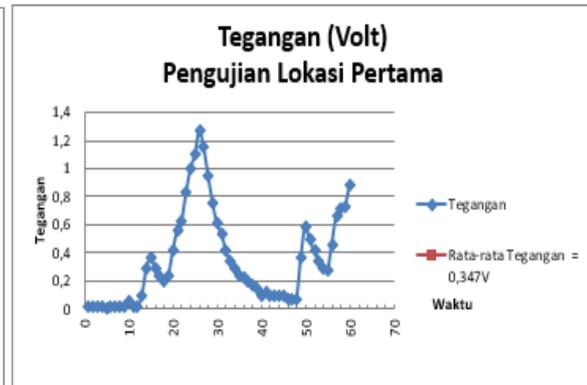
4.2 Pengujian Output Piezoelectric menggunakan Sensor Tegangan dan sensor ACS712

Pengujian ini dilakukan dengan cara membaca nilai analog pada sensor gyro (MPU050), sensor tegangan dan sensor ACS712 yang terhubung dengan pin analog pada arduino. Nilai dari tegangan dan arus akan dikonversi ADC *internal* Arduino dengan resolusi 10 bit. Setiap nilai 0 merepresentasikan tegangan 0 volt dan nilai 1023 merepresentasikan 5 volt.

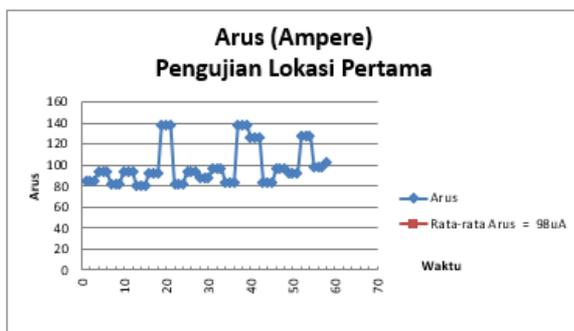
Pada pengujian ini, parameter input menggolongkan berdasarkan getaran rata-rata yang dihasilkan pada masing-masing pengujian.



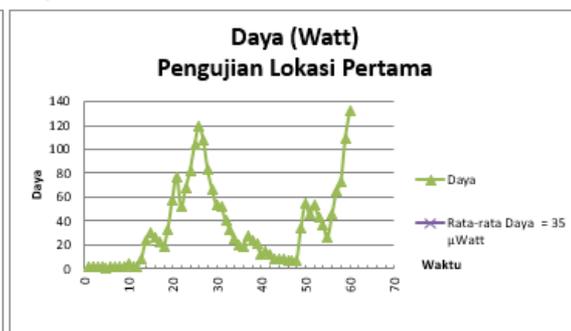
Gambar 10. Grafik Perubahan arus



Gambar 11. Grafik Perubahan daya



Gambar 12. Grafik Perubahan arus



Gambar 13. Grafik Perubahan daya

Rata-rata accelerometer pada lokasi pertama percobaan 1 adalah 14860 m/s², tegangan rata-rata adalah 0,34 Volt, arus rata-rata adalah 98 μA. Dan daya rata-rata yang dihasilkan adalah 35 μWatt.

Dari percobaan, menghasilkan kesimpulan pengujian sebagai berikut:

1. Pembacaan data getaran dengan sensor mpu 6050 yang dirancang telah mampu membaca getaran yang dihasilkan oleh *otoped*.
2. Berdasar pada lokasi pengujian ke-1 menunjukkan bahwa *output* arus yang cukup tinggi dan mampu menghasilkan daya yang besar. Membuktikan semakin besar percepatan (pengaruh dari permukaan jalan) yang dihasilkan maka daya yang dihasilkan juga semakin besar.
3. Kecepatan pada masing-masing pengujian dibuat konstan agar memudahkan pengambilan dan membandingkan data yaitu pada kecepatan 10 Km/jam.
4. Faktor yang mempengaruhi output arus adalah kecepatan, berat driver, posisi tumpuan pada pijakan *otoped* dan permukaan jalan yang di lalui.

4.4 Pengujian Efisiensi Daya Pada BLDC

Pengujian ini dilakukan dengan cara menambahkan torsi secara bertahap (menggunakan rem) dan penurunan kecepatan pasti terjadi saat dilakukan penambahan beban pada saat pengujian.

Dengan menggunakan persamaan 4.3 dan 4.4 akan diperoleh P. input (Wi), P. output (Wo) dengan faktor pengali tegangan input (Vi) dan faktor daya (cosφ). Dan dari 4.5 dan 4.6 akan diperoleh Torsi (N.m) dengan faktor pengali P. output dengan faktor pengali efisiensi motor BLDC.

$$P_{input} = 1,73 \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi \quad (4.3)$$

$$P_{output} = 1,73 \cdot V \cdot I \cdot \text{eff} \cdot \cos\phi \quad (4.4)$$

$$V_o = \frac{5250 \cdot HP}{n \text{ (rpm)}} \quad (4.5)$$

Pada pengujian efisiensi daya pada BLDC ini akan dibandingkan tegangan output dari ESC BLDC controller dengan *output* tegangan yang secara perhitungan akan sesuai dengan persamaan 4.6.

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \cdot 100\% \quad (4.6)$$

Tabel 1. Hasil pengujian BLDC

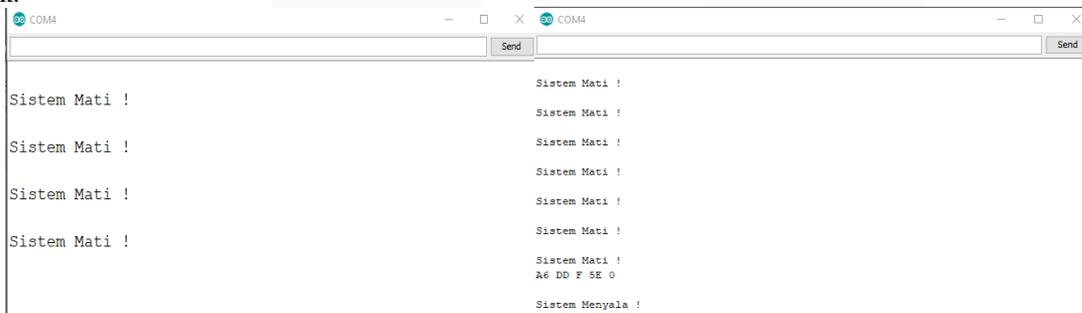
No	Tegangan (V)	Arus (I)	Speed (rpm)	P. Input (W)	P. Output (W)	Torsi (N.m)	Efisiensi (%)
1	41,6	0,3	293	19,00	14,82	0,30	78
2	41,5	0,6	278	37,91	29,57	0,63	78
3	41,4	0,8	250	50,42	39,33	0,93	78
4	41,3	0,9	238	56,59	44,14	1,10	78
5	41,2	1	224	62,72	48,92	1,29	78
6	41,1	1,2	192	75,08	58,57	1,81	78
7	41	1,3	180	81,14	63,29	2,08	78
8	40,9	1,3	174	80,95	63,14	2,15	78
9	40,8	1,4	166	86,96	67,83	2,42	78
10	40,7	1,5	159	92,94	72,50	2,70	78

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai tegangan dan arus rata-rata dari output ESC BLDC Controller. Dengan berdasar hasil Tabel 1, dapat nyatakan bahwa BLDC bekerja cukup baik dengan nilai efisiensi mencapai 78%.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa peningkatan torsi berbanding lurus dengan pembebanan yang diberikan. Peningkatan torsi semakin memerlukan arus yang semakin besar. Kenaikan arus berbanding lurus dengan torsi. Torsi berbanding terbalik peningkatan kecepatan berpengaruh pada konsumsi tegangan yang diperlukan motor listrik. Tingkat efisiensi yang dihasilkan oleh motor BLDC berpengaruh terhadap torsi dan arus yang dibutuhkan motor.

4.5 Pengujian Smart Key Menggunakan RFID pada *Otoped*

Hasil pengujian yang dilakukan berdasarkan prosedur pengujian RFID, pembacaan ID pada kartu tag yang dibaca pada RFID reader yaitu RC522 dan pembacaan ID berhasil sehingga dapat di nyatakan berfungsi dengan baik.



Gambar 14. Pengujian pembacaan ID tag

Gambar 15. Pengujian tag kartu RFID

Pada Gambar 14 merupakan kondisi awal sistem dalam keadaan mati, dan pada Gambar 15 hasil dari pembacaan ID pada kartu RFID dan sistem menyala.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada perancangan sistem *smart otoped electric*, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan *otoped* baik dari segi elektronika sudah cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan berfungsinya sistem dengan stabil ketika dikendarai. Pembacaan RFID sudah cukup baik. Dimana setiap pengujian RFID dapat berfungsi dengan baik untuk menghidupkan sistem. Sistem keamanan pada switch throttle juga dapat berfungsi dengan baik pada keadaan normally closed maupun normally open. Pada tampilan user interface dapat menampilkan data yang terbaca pada masing-masing fungsi bar seperti speedometer, *throttle*, baterai,

RTC, dan sensor tagangan yang dihasilkan piezoelectric dapat terbaca dengan baik. Daya yang dihasilkan *piezoelectric* mampu memberikan *output* tegangan sebesar 5 volt konstan tanpa beban daya. Namun mempunyai kelemahan pada output arus yang variatif tergantung pada permukaan jalan yang dilalui dan berat *driver*. Dari *output* daya yang dihasilkan tidak mampu *charge power bank* dengan spesifikasi *input* tegangan sebesar 5 volt.

2. Implementasi mekanik *otoped* berfungsi dengan cukup baik. *Otoped* dapat melaju dengan stabil, nyaman untuk dikendarai dan dapat bermanuver dengan stabil ketika dikendarai.

5.2 Saran

Pengembangan selanjutnya untuk optimalisasi *smart otoped electric* dan untuk penyempurnaan dari kinerja sistem dapat dilakukan dengan cara,

1. Pembuatan desain perancangan mekanik *otoped* harus diperhatikan dengan saat baik, terutama pada pemilihan bahan utama untuk pembuatan kerangka dengan bahan yang lebih kokoh dan pada bagian *swing arm* yang menghubungkan aktuator roda belakang diberi suspensi agar dapat bermanuver dengan nyaman.
2. Dalam perancangan *renewable energy* agar menggunakan bahan *piezoelectric* yang mengandung Quartz crystal yang lebih bagus, sehingga pada proses polarisasi lebih konstan.
3. Diharapkan pada percobaan selanjutnya *piezoelectric* yang digunakan mungkin dapat diganti dengan *piezoelectric energy harvesting kit* yang memiliki maksimum *input power* 500mW.

Daftar Pustaka

- [1] Atmel Datasheet, Microcontroller Atmega328.
- [2] Xiaoming.Sun., 2017. An Overview on Piezoelectric Power Generation System for Electricity Generation
- [3] Wu, Long, dkk. 2013. Voltage Generated Characteristics of Piezoelectric Ceramics Cymbal Transducer
- [4] Xiaopeng Chen, Weixiang Shen, Thanks Tu VO, Zhenwei Caoi, Ajay Kapoor. "An Overview of Lithium-ion Batteries for Eleectric Vehicles". International Power & Energy Conference. December 2012.
- [5] Adistya, S, I. "Pengembangan Sistem Monitoring Vibrasi Pada Kipas Pendingin Dengan Menggunakan Accelerometer ADXL345 Dengan Metode FFT Berbasis Labvie". Skripsi, Jurusan Fiska Fakultas MIPA UIN Jakarta 2014.
- [6] Kim, Choll-Ho. Kim, Moon-Young. Moon, Gun-Woo. "A Modularized Charge Equalizer Using a Battery Monitoring IC for Series-Connected Li-Ion Battery Strings in Electric Vehicles". IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 28, No. 8. August 2013.
- [7] R. Ambrosio, dkk. 2015. Energy Harvesting Combining Three Different Sources for Low Power Application
- [8] Ashish Gupta, Asharfilal Sharma, 2015. Piezoelectric Energy Harvesting via Shoe Sole
- [9] Wang, Hongbing, 2016. Finite Element Analysis on a Square Canister Piezoelectric Energy Harvester in Asphalt Pavement
- [10] Suk Jung, Woo, dkk. 2014. High Output Piezo/Triboelectric Hybrid Generator
- [11] Ramadhan, Bagus. 2017. Tahun 2025, 20% Produksi Kendaraan di Indonesia Berupa Mobil Listrik
- [12] Katana, Satria. 2018. Mobil Hybrid Konvensional Lebih Penting dAri Mobil Listrik