



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**PENGATURAN KECEPATAN SEPEDA LISTRIK DENGAN REKAYASA
PROPORSIONAL INTEGRAL DERIVATIVE BERBASIS ARDUINO**

TUGAS AKHIR

Rusman Nurcahyadi

1803321086

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA
INDUSTRI JURUSAN TEKNIK
ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2021**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2021



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rusman Nurcahyadi

NIM : 1803321086

Tanda Tangan :

Tanggal : 16 Agustus 2021



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rusman Nurcahyadi
NIM : 1803321086
Program Studi : Elektronika Industri
Judul : Pengaturan Kecepatan Sepeda Listrik dengan Rekayasa
Proporsional Integral Derrivative Berbasis Arduino
Sub Judul Tugas : Rancangbangun Modul Kecepatan Sepeda Listrik
Berbasis Arduino

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada **16 Agustus 2021**
dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing 1 : (**Dra. B. S. Rahayu Purwanti, M.Si** ()
NIP. 196104161990032002)

Pembimbing 2 : . (**Drs. Latif Mawardi, S. T, M.Kom** ()
NIP. 195806011986031005)

Depok,

Disahkan oleh

Kepala Jurusan Teknik Elektro

Ir. Sri Danaryani, M.T.

NIP. 196305031991032001

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Tiga Politeknik

Tugas Akhir ini membahas rancangbangun modul pengatur kecepatan sepeda listrik dengan rekayasa *proporsional integral derrivative* berbasis arduino. *Pedal torque* sensor akan mendeteksi torsi dari kayuhan sepeda, *throttle* sensor membaca bukaan gas yang terhubung dengan motor BLDC yang digerakan oleh *controller driver* dan sinyal PWM pada arduino mega 2560.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ir. Sri Danaryani, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
2. Dra. B. S. Rahayu Purwanti, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
3. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 31 Januari 2021

Penulis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Rancangbangun Modul Kecepatan Sepeda Listrik Berbasis Arduino

Abstrak

Sepeda sudah marak dan digemari oleh berbagai usia; tua, muda, dan anak-anak. Mungkin, hampir seluruh lapisan masyarakat sedang senang beramai-ramai naik sepeda pada hari libur. Jenis sepeda juga berkembang sesuai kebutuhan, mulai dari sepeda kumbang, *sport* dan bergigi untuk mengatur kecepatan. Motor BLDC ketika diberi pembebanan maka kecepatan motor BLDC akan berubah sehingga fungsi alih motor juga mengalami perubahan. Karena itu, dibutuhkan sebuah aksi pengontrolan yang dapat beradaptasi dengan kondisi pembebanan yang berubah – ubah tersebut. Sebuah kontroler Proportional Integral Derivative (PID) dengan memanfaatkan tuning ziegler nichols dapat menghasilkan bentuk grafik dari respon system pada perbandingan kontrol P, Kontrol PI, dan Kontrol PID sebagai parameter penguatan yang telah ditentukan sedemikian rupa supaya dapat menghasilkan keluaran yang baik pada beban linier melalui proses pada Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler. Dengan Permasalahan yang muncul dalam penelitian ini adalah mengendalikan hentakan pada saat menambah kecepatan sepeda motor agar stabil sehingga pengendara aman serta nyaman dalam menggunakan kendaraannya. PID diharapkan untuk menghilangkan hentakan yang diakibatkan dari penambahan kecepatan

Kata kunci : Motor BLDC, Kontrol PID , Arduino Mega 2560



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

a Modular Design of Arduino Based Electrical Speed Bicycle

Abstract

Bicycles have become popular and favored by people of all ages; old, young and children. Perhaps, almost all levels of society are happy to ride bicycles on holidays. Types of bicycles also evolved according to need, ranging from moped, sport and geared to regulate speed. When a BLDC motor is loaded, the speed of the BLDC motor will change so that the transfer function of the motor also changes. Therefore, a controlling action is needed that can adapt to these changing loading conditions. A Proportional Integral Derivative (PID) controller by utilizing Ziegler Nichols tuning can produce a graphical form of the response system on a comparison of P control, PI control, and PID control as parameters that have been determined in such a way that it can produce good output at linear loads through the process at Arduino Mega 2560 as a microcontroller. The problem that arises in this study is controlling the beat when increasing the speed of the motorbike so that it is stable so that the rider is safe and comfortable in using his vehicle. PID is not expected to occur due to the addition of speed can be eliminated.

Keywords : *BLDC Motor, PID Control, Arduino Mega 2560*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	x
BAB I	11
PENDAHULUAN	11
1.1 Latar Belakang	11
1.2 Perumusan Masalah.....	14
1.3 Tujuan.....	14
1.4 Luaran.....	14
BAB II	15
TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1. Motor <i>Brushless</i> DC (Motor BLDC) 48V/500W.....	15
2.2. Arduino Mega 2560.....	17
2.3. Baterai Lithium-Ion 48V/10Ah.....	18
2.4. <i>Toogle Switch</i> ON-ON 3 Pin 15A/250V.....	19
2.5. Modul Penggerak Motor BLDC 48V/500W.....	19
2.6. DC-DC Buck Converter Step Down 48V to 12V	21
2.7. DC-DC <i>Buck Converter Step Down</i> 12V to 5v / 3,3V	21
2.8. Modul Digital To Analog Converter MCP4725.....	22
2.9. Rangkaian Op-Amp Voltage Follower.....	23
2.10. Thumb Throttle	24
BAB III	25
PERANCANGAN DAN REALISASI	25
3.1. Rancangan Alat	25
3.1.1 Perancangan Sistem.....	26



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2.	Realisasi Alat	33
3.2.1.	Skematik Modul Pengatur Kecepatan Sepeda Listrik	33
3.2.2.	Proses Pembuatan Modul Pengaturan Kecepatan Sepeda Listrik	35
BAB IV	43
PEMBAHASAN	43
4.1	Pengujian Buka-an Throttle Terhadap Output DAC.....	43
4.1.1	Deskripsi Pengujian.....	43
4.1.2	Prosedur Pengujian.....	44
4.1.3	Data Hasil Pengujian	45
4.1.4	Analisis Data.....	46
4.2.	Pengujian RPM Menggunakan Tachometer dan Serial Monitor.....	47
4.2.1.	Deskripsi Pengujian.....	47
4.2.2.	Prosedur Pengujian.....	48
4.2.3.	Data Hasil Pengujian	49
4.2.4.	Analisis Data.....	49
BAB V PENUTUP	51
5.1	Kesimpulan	51
Daftar Pustaka	52

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Sepeda Listrik.....	11
Gambar 1. 2 Sepeda Listrik Setelah di Modifikasi.....	12
Gambar 2. 1 Motor Brushless DC 48V/500W.....	15
Gambar 2. 2 Stator dan Rotor.....	16
Gambar 2. 3 Kontruksi Motor BLDC.....	16
Gambar 2. 4 Pembacaan Hasil Rotor dari Hall Effect.....	17
Gambar 2. 5 Arduino Mega 2560.....	18
Gambar 2. 6 Baterai Lithium-Ion 48V 10Ah.....	18
Gambar 2. 7 Toogle Switch ON-ON 3 Pin 15A/250V.....	19
Gambar 2. 8 Modul Penggerak Motor BLDC 48V.....	20
Gambar 2. 9 DC-DC Buck Converter Step Down 48V to 12V.....	21
Gambar 2. 10 DC-DC Buck Converter Step Down 12V to 5v / 3,3V.....	21
Gambar 2. 11 Modul Digital To Analog Converter MCP4725.....	22
Gambar 2. 12 Rangkaian Op-Amp Voltage Follower.....	23
Gambar 2. 13 IC Op-Amp LM324.....	23
Gambar 2. 14 Thumb Throttle.....	24
Gambar 3.1.a Flowchart Sistem Bagian 1.....	29
Gambar 3.1.b Flowchart Sistem Bagian 2.....	30
Gambar 3.1.c Flowchart Sistem Bagian 3.....	31
Gambar 3.2 Diagram Blok.....	32
Gambar 3.3 Skematik Wiring Modul Pengatur Kecepatan Sepeda Listrik.....	35
Gambar 3.4 Ukuran Papan Modul.....	37
Gambar 3.5 Peletakan Komponen pada Modul.....	37
Gambar 3.6 Ukuran Plat Sisi Kiri.....	38
Gambar 3.7 Ukuran Plat Sisi Kiri.....	39
Gambar 3.8 Ukuran Siku Plat.....	39
Gambar 3.9 Hasil Pengelasan Box.....	40
Gambar 3.10 Pemasangan Modul Pengatur Kecepatan pada Saddle Belakang.....	41
Gambar 3.11.a Penutup Sisi Depan dan Kiri.....	42
Gambar 3.11.b. Penutup Sisi Belakang dan Kanan.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	17
Tabel 3. 1 Daftar Alat dan Bahan.Pembuatan Modul.....	35
Tabel 4. 1 Tabel Bahan Pengujian Buka-an Throttle Terhadap Output DAC.....	44
Tabel 4. 2 Tabel Data Hasil Pengujian Pada Buka-an Throttle.....	45
Tabel 4. 3 Tabel Bahan Pengujian RPM Menggunakan Tachometer dan Serial Monitor.....	48
Tabel 4. 4 Pengujian RPM Menggunakan Tachometer dan Serial Monitor.....	49

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda saat ini banyak dimanfaatkan sebagai kendaraan untuk bersantai yang sedang ramai digunakan di tempat-tempat dengan fasilitas jalur khusus sepeda dan juga taman-taman sebagai target untuk berekreasi atau bermain secara bersama. Sepeda yang telah dimodifikasi banyak terlihat di tempat-tempat tersebut dan berbagai jenis sepeda yang berkembang sesuai dengan kebutuhan, mulai dari sepeda kumbang, *sport* dan bergigi untuk mengatur kecepatan sepeda. Masing-masing jenis sepeda dibeli oleh pengemarnya untuk tujuan berbeda, termasuk hanya sekedar mengikuti *tren* masa kini. Sepeda juga memiliki kelebihan yaitu, tidak menimbulkan polusi udara, polusi suara, dan secara tidak langsung bermanfaat bagi kesehatan pengendaranya



Gambar 1. 1 Sepeda Listrik

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Dalam hal ini, terdapat salah satu jenis sepeda yaitu sepeda listrik (Gambar 1,1) dengan cara kerjanya menggunakan energi alternatif baterai yang menghasilkan energi listrik, disamping dapat menghemat konsumsi bahan bakar minyak dan juga



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ramah lingkungan, yaitu tidak menimbulkan polusi. Beberapa waktu sebelumnya kami telah naik sepeda manual yang dimodifikasi dengan sumber tenaga listrik (Gambar 1.2). Pengalaman yang kami rasakan setelah bersepeda: (1) kecepatan sepeda listrik tidak stabil, (2) berat badan pengendara mempengaruhi laju sepeda. Ketidakstabilan kecepatan sepeda manual bertenaga listrik dapat membahayakan pengendara. Sepeda tersebut telah dilengkapi dengan sebuah alat, terdiri motor listrik dan box berbentuk balok yang di lengkapi dengan strip sebagai pengaman box agar menempel di *down tube* (bagian batang ke dua) pada sepeda yang memuat alat pengatur kecepatan dan baterai lithium-ion 48V / 10.4Ah.



Gambar 1. 2 Sepeda Listrik Setelah di Modifikasi

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Banyak yang mempengaruhi perubahan kecepatan sepeda listrik dengan beberapa parameter-parameter seperti bukaan throttle, pembacaan sensor pada pedal assist dan beban pengendara sepeda, inilah yang akan diatur oleh sebuah sistem kontrol supaya penggunaan motor bisa lebih stabil dan efisien yaitu menggunakan kontrol PID (Rosalina, Qosim, Mujirudin. 2017). Sebuah pengontrolan kecepatan sepeda listrik dengan kontanta–konstanta PID didesain menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor torsi, dan throttle. Dengan adanya pemrograman PID yang terkoneksi dengan Arduino Mega 2560 yang hasil deteksinya akan di tunjukkan oleh kecepatan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sepeda maka dibutuhkan modul pengatur kecepatan sepeda listrik berbasis Arduino. Modul tersebut sebagai wiring antara input yaitu baterai lithium-ion 48V yang kemudian akan di proses menggunakan mikrokontroler dan output dari modul ini yaitu motor BLDC.

Motor Direct Current (DC) Brushless atau Motor BLDC menjadi salah satu pilihan alternatif dikarenakan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan motor DC konvensional lainnya (Akbar, Danu, Riyadi, Slamet. 2018) yang masih menggunakan brush dan komutator, sedangkan motor BLDC menggunakan rangkaian elektronika yang dapat disusun menjadi modul penggerak motor BLDC 48 volt / 500W yang digunakan sebagai kendali motor BLDC. Kelebihan motor BLDC dibandingkan motor DC konvensional yaitu, efisiensi tinggi, masa operasi lebih tinggi, perawatan yang rendah, serta tingkat kebisingan yang rendah karena putarannya halus.

Dengan hasil studi pustaka dan permasalahan, dibuatlah alat yaitu modul pengatur kecepatan pada sepeda listrik berbasis Arduino. Dengan mengaplikasikan baterai lithium-ion 48V sebagai sumber tegangan pada modul kontrol penggerak motor BLDC). Selain itu, baterai ini berfungsi juga sebagai sumber tegangan pada modul pengatur kecepatan sepeda listrik yang meliputi *DC-DC buck converter step down 48V to 12V* sebagai penurun tegangan dari baterai lithium-ion 48V menjadi 12V, lalu hasil *output voltage* tersebut dihubungkan ke *DC-DC buck converter step down 12V to 5V* yang berfungsi sebagai penurun tegangan 12V menjadi 5V, yang selanjutnya dihubungkan ke 3 komponen elektronik lainnya yang pertama dihubungkan ke pin input (VCC) modul *digital to analog converter* (DAC) MCP4725 berfungsi untuk mengkonversi sinyal masukan dalam bentuk digital (masukan *variable* dari *throttle* dan *pedal assist*) menjadi sinyal keluaran dalam bentuk analog (tegangan). Yang kedua di hubungkan ke pin input pada rangkaian Op-Amp voltage follower yang menggunakan IC LM324 sebagai penyangga tegangan dari tegangan output dari modul DAC MCP4725 supaya sumber tegangan dari modul tersebut tidak, lalu tegangan keluaran dari rangkaian ini akan dihubungkan pada soket throttle pada modul penggerak motor BLDC. Selanjutnya, yang ketiga dihubungkan ke pin input 5V pada Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler pengatur kecepatan sepeda listrik.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Perumusan Masalah

- a. Rancangbangun modul pengatur kecepatan sepeda listrik berbasis arduino
- b. Pembuatan desain mekanik, *wiring* rangkaian modul kecepatan sepeda listrik pada papan yang terhubung pada baterai lithium-ion 48V dan *brushless controller*
- c. Pemasangan komponen/modul, penyolderan pada papan rangkaian yang telah diuji dan pengkabelan

1.3 Tujuan

Adapun tujuan pembuatan alat adalah:

- a. Implementasi modul penggerak motor BLDC 48V sebagai penggerak motor dan mikrokontroler arduino mega 2560 sebagai pengatur kecepatan sepeda listrik.
- b. Menggantikan cara kerja sepeda secara manual menjadi sepeda listrik.

1.4 Luaran

- a. Bagi Masyarakat
 - Rancangbangun modul pengatur kecepatan sepeda listrik berbasis arduino
- b. Bagi Mahasiswa
 - Laporan Tugas Akhir
 - Hak cipta alat
 - Draft/artikel ilmiah untuk publikasi Seminar Nasional Teknik Elektro PNJ/ Jurnal Nasional Politeknologi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari pengerjaan tugas akhir yang berjudul “Pengaturan Kecepatan Sepeda Listrik dengan Rekayasa Konstanta-Konstanta Proporsional Integral Derrivative Berbasis Arduino” dengan subjudul “Rancangbangun Modul Pengatur Kecepatan Sepeda Listrik Berbasis Arduino” adalah nilai pada bukaan throttle mempengaruhi besaran tegangan output, semakin besar bukaan maka tegangan yang dihasilkan akan semakin besar. Besaran tegangan masukan pada modul penggerak motor BLDC sebagai pengatur daya pada motor BLDC dapat mempengaruhi kecepatan pada motor BLDC



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Daftar Pustaka

- Sipul, Yohanes U D, Prasetya1, Dwi Arman. Dkk. 2019. CONTROL SYSTEM KENDALI KECEPATAN SEPEDA MOTOR LISTRIK DENGAN METODE PID. *Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer*). 45~49.
- Anugrah , Rafli Fajar, Dewantara, Belly Yan. Dkk. 2020. Kontrol Motor Brushless DC Menggunakan Six Step Comutation dengan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative). *JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER TRIA*
- Anshory, Izza, Hadidjaja, Dwi . Dkk. 2021. Monitoring Perubahan Tegangan dan Pemodelan Matematika Fungsi Transfer Motor BLDC Dengan System Identification Toolbox. *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*.
- Wahyubramanto, Satrio, Tobing, Sheila. Dkk. 2021. Simulasi Kinerja Motor BLDC untuk Merancang Sistem Kelistrikan Mobil Hemat Energi Menggunakan Simulink. 31 – 41

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Rusman Nurcahyadi

Anak ketiga dari empat bersaudara, lahir Jakarta, 05 Maret 2000. Lulus dari SDN Pondok Kopi 02 Pagi pada tahun 2012, SMPN 213 Jakarta pada tahun 2015, dan SMAN 91 Jakarta pada tahun 2018. Penulis melanjutkan studi di POLITEKNIK NEGERI JAKARTA dengan Jurusan D3 Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektronika Industri dan lulus pada tahun 2021.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 2

FOTO ALAT

**© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta****Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta






Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4

SOP PENGGUNAAN MODUL PENGATUR KECEPATAN SEPEDA

Kelistrikan:	
1	Motor BLDC Universal <ul style="list-style-type: none"> • Tegangan Input : 48 V • Arus Input Maksimal : 2 A
2	Modul Penggerak <ul style="list-style-type: none"> • Tegangan Input' : 36 – 48 V • Arus Output Maksimal : 2 A
Mekanis:	
1	Ukuran Box Modul Pengatur Kecepatan: <ul style="list-style-type: none"> 1. Body : 2 Berat Modul : 3 Bahan Modul : Kayu MDF dan Plat besi 4 Warna Modul : Hitam
 <p>TAMPAK SAMPING</p>	
Fungsi:	
1. Mengatur Kecepatan Sepeda Listrik	
SOP Pemakaian Alat:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Sambungkan Power Supply Kepada Baterai 48 volt 2. Tekan Toogle ke arah bawah untuk mengaktifkan modul penggerak. 3. Pilih mode pada LCD dengan menekan tombol 4. Tekan throttle jika mode Throttle yang dipilih 5. kayuh pedal jika mode pedal assist yang dipilih. 	



LAMPIRAN 5

DATASHEET DAC MCP4725

MCP4725

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings†

V _{DD}	6.5V
All inputs and outputs w.r.t V _{SS}	-0.3V to V _{DD} +0.3V
Current at Input Pins	±2 mA
Current at Supply Pins	±50 mA
Current at Output Pins	±25 mA
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Ambient Temp. with Power Applied	-55°C to +125°C
ESD protection on all pins	≥ 6 kV HBM, ≥ 400V MM
Maximum Junction Temperature (T _J)	+150°C

† Notice: Stresses above those listed under "Maximum ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all parameters apply at V_{DD} = +2.7V to 5.5V, V_{SS} = 0V, R_L = 5 kΩ from V_{OUT} to V_{SS}, C_L = 100 pF, T_A = -40°C to +125°C. Typical values are at +25°C.

Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Power Requirements						
Operating Voltage	V _{DD}	2.7	—	5.5	V	
Supply Current	I _{DD}	—	210	400	μA	Digital input pins are grounded, Output pin (V _{OUT}) is not connected (unloaded), Code = 000h
Power-Down Current	I _{DDP}	—	0.06	2.0	μA	V _{DD} = 5.5V
Power-On-Reset Threshold Voltage	V _{POR}	—	2	—	V	
DC Accuracy						
Resolution	n	12	—	—	Bits	Code Range = 000h to FFFh
INL Error	INL	—	±2	±14.5	LSB	Note 1
DNL	DNL	-0.75	±0.2	±0.75	LSB	Note 1
Offset Error	V _{OS}	—	0.02	0.75	% of FSR	Code = 000h
Offset Error Drift	ΔV _{OS} /°C	—	±1	—	ppm/°C	-45°C to +25°C
		—	±2	—	ppm/°C	+25°C to +85°C
Gain Error	G _E	-2	-0.1	2	% of FSR	Code = FFFh, Offset error is not included.
Gain Error Drift	ΔG _E /°C	—	-3	—	ppm/°C	
Output Amplifier						
Phase Margin	ϕ _M	—	66	—	Degree(°)	C _L = 400 pF, R _L = ∞
Capacitive Load Stability	C _L	—	—	1000	pF	R _L = 5 kΩ, Note 2
Slew Rate	SR	—	0.55	—	V/μs	
Short Circuit Current	I _{SC}	—	15	24	mA	V _{DD} = 5V, V _{OUT} = Grounded
Output Voltage Settling Time	T _S	—	6	—	μs	Note 3

Note 1: Test Code Range: 100 to 4000.

Note 2: This parameter is ensure by design and not 100% tested.

Note 3: Within 1/2 LSB of the final value when code changes from 1/4 to 3/4 (400h to C00h) of full scale range.

Note 4: Logic state of external address selection pin (A0 pin).

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DATASHEET IC OP AMP LM324

Philips Semiconductors

Product specification

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	32 or ± 16	V_{DC}
V_{IN}	Differential input voltage	32	V_{DC}
V_{IN}	Input voltage	-0.3 to +32	V_{DC}
P_D	Maximum power dissipation, $T_A=25^\circ\text{C}$ (still-air) ¹		
	N package	1420	mW
	F package	1190	mW
	D package	1040	mW
	Output short-circuit to GND one amplifier ² $V_{CC} \leq 15V_{DC}$ and $T_A=25^\circ\text{C}$	Continuous	
I_{IN}	Input current ($V_{IN} < 0.3V$) ³	50	mA
T_A	Operating ambient temperature range		
	LM324/A	0 to +70	$^\circ\text{C}$
	LM224	-25 to +85	$^\circ\text{C}$
	SA534	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
	LM2902	-40 to +125	$^\circ\text{C}$
LM124	-55 to +125	$^\circ\text{C}$	
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	300	$^\circ\text{C}$

NOTES:

- Derate above 25°C at the following rates:
F package at $0.5\text{mW}/^\circ\text{C}$
N package at $11.4\text{mW}/^\circ\text{C}$
D package at $8.3\text{mW}/^\circ\text{C}$
- Short-circuits from the output to V_{CC+} can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 40mA, independent of the magnitude of V_{CC} . At values of supply voltage in excess of $+15V_{DC}$, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction.
- This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input bias clamps. In addition, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This action can cause the output voltages of the op amps to go to the $V+$ rail (or to ground for a large overdrive) during the time that the input is driven negative.

1995 Nov 27

2



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta