

**PERANCANGAN PERANGKAT PENENTU PARAMETER MOTOR
DC BERBASIS MIKROKONTROLLER**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik



MUCHAMMAD ANDARU ARDANA

NIM. 175060307111040

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2021





LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN PERANGKAT PENENTU PARAMETER MOTOR
DC BERBASIS MIKROKONTROLLER

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik



MUCHAMMAD ANDARU ARDANA

NIM. 175060307111040

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 28 Juli 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Dipl.-Ing. Mochammad Rusli

Ir. Wijono, MT., Ph.D.

NIP. 19630104 198701 1 001

NIP. 19621111 198903 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 1974 12032 00012 1001

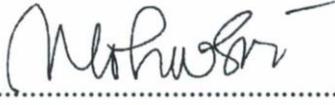


JUDUL SKRIPSI:

PERANCANGAN PERANGKAT PENENTU PARAMETER MOTOR DC BERBASIS
MIKROKONTROLLER

Nama Mahasiswa : Muchammad Andaru Ardana
NIM : 175060307111040
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Kontrol

KOMISI PEMBIMBING:

Ketua : Dr. Ir. Dipl.-Ing. Mochammad Rusli.....

Anggota : Wijono, Ir., MT., Ph.D.....

TIM DOSEN PENGUJI:

Dosen Penguji I : Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT.  Disetujui tanggal 28 Juli 2021

Dosen Penguji II : Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT.  Disetujui tanggal 28 Juli 2021

Tanggal Ujian : 23 Juli 2021

SK Penguji : Nomor 2525 Tahun 2021



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang,
Mahasiswa,

Muchammad Andaru Ardana
NIM. 175060307111040

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





RINGKASAN

Muchammad Andaru Ardana, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2021, *Perancangan Perangkat Penentu Parameter Motor DC Berbasis*

Mikrokontroler, Dosen Pembimbing 1: Dr. Ir. Dipl.-Ing. Mochammad Rusli, Dosen Pembimbing 2: Wijono, Ir., MT., Ph.D.

Motor DC merupakan sebuah alat yang sangat banyak digunakan dalam kehidupan mulai dari peralatan rumah tangga hingga penggunaan yang kompleks dalam bidang industri maupun robotika. Motor DC ini banyak digunakan karena mempunyai kelebihan mudah untuk dikontrol. Kebutuhan informasi mengenai parameter motor DC diperlukan untuk analisis atau kontrol sistem. Tetapi keterbatasan dan ketidakakuratan informasi mengenai parameter menjadi masalah dalam menganalisis motor DC. Estimasi Parameter memiliki potensi dalam pemodelan sistem dan kontrol. Dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang alat yang berfungsi untuk menentukan estimasi parameter motor DC menggunakan arduino dengan dimensi yang kompak dan *portable*. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi penajakan untuk pengembangan sebuah sistem untuk menentukan parameter motor DC.

Kata kunci: Motor DC, Arduino, Estimasi Parameter.

SUMMARY

Muchammad Andaru Ardana, *Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, May 2021, The Design of DC Motor Parameter Determination based on Microcontroller*, Academic Supervisor 1: Dr. Ir. Dipl.-Ing. Mochammad Rusli, Academic Supervisor 2: Wijono, Ir., MT., Ph.D.

DC motor is a tool that is very widely used in life ranging from household appliances to complex uses in industry and robotics. This DC motor is widely used because it has the advantage of being easy to control. Information requirements regarding DC motor parameters are required for system analysis or control. But the limitations and inaccuracies of information about the parameters become a problem in analyzing DC motors. Parameter Estimation has potential in system modeling and control. This study aims to design a tool that serves to determine the estimation of DC motor parameters using Arduino with compact and portable dimensions. This research is expected to be an exploration for the development of a system to determine DC motor parameters.

Keywords: *DC Motor, Arduino, Parameters Estimation..*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

RINGKASAN..... i

SUMMARY.....iii

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI.....vii

DAFTAR GAMBARix

DAFTAR TABEL.....xi

1. BAB I PENDAHULUAN 1

 1.1 Latar Belakang 1

 1.2 Rumusan Masalah2

 1.3 Batasan Masalah.....2

 1.4 Tujuan.....2

 1.5 Manfaat.....2

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA 3

 2.1 Mikrokontroler Arduino..... 3

 2.2 Motor DC3

 2.3 Sensor Arus ACS721.....7

 2.4 Sensor kecepatan *Rotary Encoder*.....8

 2.5 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2..... 12

 2.6 Modul LM259613

3. BAB III METODE PENELITIAN..... 15

 3.1 Penentuan Spesifikasi Alat..... 15

 3.2 Perancangan Sistem..... 15

 3.2.1 Perancangan Keseluruhan Sistem..... 15

 3.2.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*) 16

 3.2.2.1 Perancangan Sensor Arus..... 17

 3.2.2.2 Perancangan Sensor kecepatan..... 18



3.2.3	Perancangan Perangkat Lunak.....	19
3.3	Pengujian Alat.....	20
4.	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1	Pengujian Sensor ACS721.....	23
4.1.1	Alat yang Digunakan.....	23
4.1.2	Prosedur Pengujian.....	23
4.1.3	Hasil dan Pembahasan.....	25
4.2	Pengujian sensor kecepatan.....	25
4.2.1	Alat yang Digunakan.....	25
4.2.2	Prosedur Pengujian.....	26
4.2.3	Hasil dan Pembahasan.....	27
4.3	Pengujian Kinerja Alat.....	27
4.3.1	Prosedur Pengujian.....	28
4.3.2	Hasil dan Pembahasan.....	28
5.	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	29
5.1	Kesimpulan.....	29
5.2	Saran.....	29
	DAFTAR PUSTAKA.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino Uno 3

Gambar 2.2 rangkaian ekuivalen motor DC 4

Gambar 2.3 Motor DC 6

Gambar 2.4 Skema Cara Kerja Sensor Arus (ACS712) 7

Gambar 2.5 Sensor Arus ACS721 8

Gambar 2.6 Klasifikasi *Rotary Encoder* 9

Gambar 2.7 *Rotary Encoder Incremental* 9

Gambar 2.8 (a) Menentukan arah putaran *Encoder*. (b) Dua gelombang kotak saat rotasi berlawanan arah jarum jam 11

Gambar 2.9 LCD 16x2 12

Gambar 2.10 Modul LM5296 13

Gambar 3.1 Blok Diagram Keseluruhan Sistem 16

Gambar 3.2 Skematik Hardware yang Terhubung Arduino 17

Gambar 3.3 Skematik Modul ACS721 Terhubung Arduino 18

Gambar 3.4 Skematik Sensor Kecepatan Terhubung Arduino 19

Gambar 3.5 Diagram Alir Perancangan Software 20

Gambar 4.1 Diagram Alir Pengujian Sensor Arus 24

Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Nilai Arus 25

Gambar 4.3 Diagram Alir Pengujian Sensor Kecepatan 26

Gambar 4.4 grafik pengukuran nilai kecepatan 27



Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penguraian Kode Sinyal Keluaran *Encoder*..... 11
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kinerja Alat..... 28



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor DC (Direct Current) atau motor arus searah termasuk dalam kategori jenis motor yang paling banyak digunakan baik dalam lingkungan industri, peralatan rumah tangga hingga ke mainan anak-anak ataupun sebagai piranti pendukung sistem instrumen elektronik. Motor DC memiliki jenis yang beragam mulai dari jenis magnet permanen, seri, shunt ataupun jenis kompon. Tipe motor DC diimplementasikan berdasarkan jenis magnet yang digunakan. Motor DC memiliki kelebihan yaitu dapat menghasilkan torsi yang tinggi, tidak memiliki kerugian daya reaktif dan tidak menimbulkan harmonisa pada sistem tenaga listrik yang mensuplainya. Selain torsi, motor DC juga memiliki akurasi kontrol yang tinggi sehingga motor DC sering digunakan untuk aplikasi servo.

Perencanaan suatu sistem tenaga baik dalam skala industri besar ataupun kecil akan berjalan dengan baik melalui suatu tinjauan perilaku atau karakteristik sistem. Karakteristik utama yang harus diketahui adalah karakteristik elektrik sistem tersebut seperti profil arus start, profil tegangan transien. Kemampuan mengetahui kondisi sistem yang sebenarnya akan memberikan hasil perencanaan yang baik dan optimal. Proses interpretasi atau menafsirkan perilaku sistem bukan merupakan pekerjaan yang mudah karena akan berkaitan dengan perilaku statik dan dinamik sistem (Tedjo, 2006).

Motor DC telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi industri, digunakan sebagai penggerak pada mesin-mesin produksi. Selain itu juga digunakan pada peralatan portabel seperti mesin printer dan lain-lain. Masukan untuk motor DC berupa daya listrik yakni tegangan dan arus listrik, keluaran dari motor DC adalah daya mekanik yaitu torsi dan kecepatan rotor. Untuk mengetahui hubungan dari parameter-parameter motor DC perlu dimodelkan secara matematis hubungan antara parameter-parameter motor seperti resistansi dan induktansi belitan serta momen inersia dan gesekan yang semuanya bergantung pada dimensi motor dan beban. Untuk mendapatkan parameter-parameter tersebut, membutuhkan waktu yang lama. Mulai dari pencopotan motor dari beban hingga pengujian di Laboratorium. Pada suatu kasus bisa sampai dengan 9 jam untuk mengetahui masalah dari motor DC yang akan digunakan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana perancangan perangkat yang dapat menentukan parameter motor DC dapat bekerja dengan

baik. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan sistem untuk menentukan parameter motor DC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan pada latar belakang, dapat dibuat rumusan masalah yaitu bagaimana merancang suatu perangkat yang dapat menentukan parameter motor DC berbasis mikrokontroler?

1.3 Batasan Masalah

Hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini akan diberi batas sebagai berikut :

1. Menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.
2. Parameter motor DC yang diestimasi adalah Momen Inersia (J), *damping* (b), Resistansi dalam (R), Induktansi Motor (L), *Back E.M.F.* konstan (K_e), dan torsi konstan (K_t).
3. Motor DC yang diuji adalah *brushed* motor DC dengan tegangan 12-24V.
4. Sensor arus yang digunakan memiliki maksimal pengukuran 5A.
5. Menggunakan *rotary encoder incremental* dengan maksimal resolusi 1000 ppr.
6. Tidak membahas mengenai logika *particle swarm optimization* (PSO).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang perangkat yang dapat menentukan parameter motor DC berbasis mikrokontroler yang memiliki dimensi kompak dan portable.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk pengembangan alat ukur parameter-parameter motor DC yang *portable*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dengan cara menyimpan program di dalamnya. Mikrokontroler memiliki prinsip seperti komputer namun memiliki ukuran yang jauh lebih kecil, memori dan proses data yang dapat dilakukan juga tidak sebesar dan secepat komputer. Umumnya mikrokontroler terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O (*Input/Output*) tertentu, dan unit pendukung seperti ADC (*Analog-to-Digital Converter*) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Salah satu contoh dari mikrokontroler yang sering digunakan pada umumnya adalah Arduino.

Arduino adalah perangkat elektronik *open-source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino adalah jenis mikrokontroler yang paling sering digunakan oleh masyarakat pada umumnya dikarenakan Arduino memiliki *port* USB sendiri dan juga bahasa pemrograman Arduino relatif mudah untuk dipahami, *software* Arduino sendiri sudah dilengkapi dengan *library* yang cukup lengkap, dan juga harganya yang terbilang murah.



Gambar 2.1 Arduino Uno

Sumber : arduinoindonesia.id

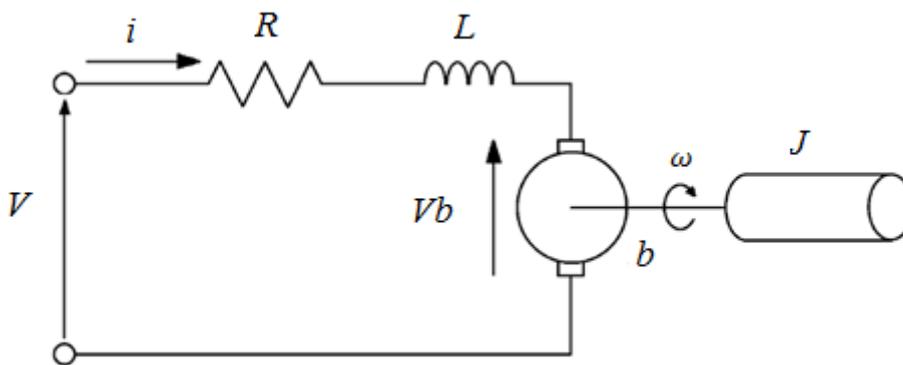
2.2 Motor DC

Motor DC adalah salah satu dari jenis motor listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik. Jenis yang paling umum bergantung pada gaya yang

dihasilkan oleh medan magnet. Pada penelitian ini berfokus pada perancangan alat yang akan digunakan untuk pemodelan motor DC secara matematis. Tujuan dari model matematis adalah untuk menghubungkan tegangan yang diterapkan pada terminal motor sampai mendapat nilai kecepatan motor.

2.2.1. Karakteristik elektrik

Rangkaian listrik ekuivalen dari motor dc diilustrasikan pada gambar 2.2. Hal ini dapat diwakili oleh sumber tegangan (V) melintasi kumparan dinamo. Setara listrik dari kumparan jangkar dapat digambarkan dengan induktansi (L) secara seri dengan resistansi (R) secara seri dengan tegangan induksi (V_b) yang menentang sumber tegangan. Tegangan induksi dihasilkan oleh rotasi kumparan listrik melalui garis fluks tetap dari magnet permanen. Tegangan ini sering disebut dengan back emf (gaya gerak listrik).



Gambar 2.2 rangkaian ekuivalen motor DC

Sumber : researchgate.net

Persamaan diferensial untuk rangkaian ekuivalen dapat diturunkan dengan menggunakan hukum tegangan Kirchoff di suatu rangkaian listrik. Hukum tegangan Kirchoff menyatakan bahwa jumlah semua tegangan disuatu loop harus sama dengan nol seperti pada persamaan (2-1).

$$V - V_R - V_L - V_b = 0 \quad (2-1)$$

$$V - Ri - L \frac{di}{dt} - K_v \omega = 0 \quad (2-2)$$

Di mana K_v adalah konstanta kecepatan dan ω adalah kecepatan sudut motor. Persamaan (2-2) merupakan persamaan diferensial yang didapat dari karakteristik elektrik motor DC.

2.2.2. Karakteristik mekanik

Melakukan keseimbangan energi pada sistem, jumlah torsi motor harus sama dengan nol seperti pada persamaan (2-3).

$$T_e - T_{\omega 1} - T_{\omega} - T_L = 0 \quad (2-3)$$

T_e adalah torsi elektromagnetik, $T_{\omega 1}$ adalah torsi akibat percepatan rotasi rotor, T_{ω} adalah torsi yang dihasilkan dari kecepatan rotor, dan T_L adalah torsi beban. Karena pada pengujian motor tidak diberi beban $T_L = 0$.

$$K_t i - J \frac{d\omega}{dt} - b\omega = 0 \quad (2-4)$$

dimana K_t adalah konstanta torsi, J adalah inersia rotor, b adalah koefisien redaman (damping). Persamaan (2-4) merupakan persamaan diferensial yang didapat dari karakteristik mekanik motor DC.

Dalam penelitian ini menggunakan metode pemodelan *state space* untuk motor DC. *State-space* adalah model matematis dari sistem fisik sebagai himpunan variabel input, output dan state yang dihubungkan oleh persamaan diferensial orde satu atau persamaan diferensial. Variabel keadaan (*state*) adalah variabel yang nilainya berkembang dari waktu ke waktu yang bergantung pada nilai yang mereka miliki pada waktu tertentu dan pada nilai variabel input yang diberikan. Nilai variabel keluaran bergantung pada nilai variabel keadaan. Variabel masukan, variabel keluaran, dan variabel keadaan (*state*) sistem dijelaskan seperti Persamaan (2-5) dan rumus dasar model *state space* dijelaskan seperti Persamaan (2-6) dan (2-7).

$$x = \begin{bmatrix} \omega \\ i \end{bmatrix}, u = \begin{bmatrix} 0 \\ V \end{bmatrix}, y = \begin{bmatrix} \omega \\ i \end{bmatrix} \quad (2-5)$$

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (2-6)$$

$$y = Cx + Du \quad (2-7)$$

Karena data yang diolah oleh mikrokontroler dalam sistem waktu diskrit maka Persamaan (2-6) dan (2-7) berubah menjadi seperti Persamaan (2-8) dan (2-9).

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) \quad (2-8)$$

$$y(k) = Cx(k) + Du(k) \quad (2-9)$$

Pada penelitian ini matrix $D = 0$ maka, model *state space* motor DC menjadi seperti Persamaan (2-10) dan (2-11).

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} -\frac{b}{J} & \frac{K}{J} \\ -\frac{K}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} u(k) \quad (2-10)$$

$$y(k) = x(k) \quad (2-11)$$

Untuk merancang percobaan estimasi b , J , K , R , dan L Persamaan (2-10) dapat diubah menjadi seperti Persamaan (2-12).

$$\begin{cases} J \frac{d\omega}{dt} + b\omega = Ki \\ L \frac{di}{dt} + Ri = V - K\omega \end{cases} \quad (2-12)$$

Persamaan (2-12) merepresentasikan dua sistem orde satu. Kedua sistem tersebut mewakili karakteristik elektrik dan mekanik, dari Persamaan (2-12) dapat ditulis dalam bentuk model *state space* seperti Persamaan (2-13) untuk sistem dengan karakteristik elektrik dan (2-14) untuk sistem dengan karakteristik mekanik.

$$\begin{cases} x_e(k+1) = \left(-\frac{R}{L}\right) x_e(k) + \left(\frac{1}{L}\right) u_e(k) \\ y_e(k) = x_e(k) \end{cases} \quad (2-13)$$

Dimana, $x_e = i$ dan $u_e = V - K\omega$.

$$\begin{cases} x_m(k+1) = \left(-\frac{b}{J}\right) x_m(k) + \left(\frac{1}{J}\right) u_m(k) \\ y_m(k) = x_m(k) \end{cases} \quad (2-14)$$

Dimana, $x_m = \omega$ dan $u_m = Ki$.

Setelah Persamaan (2-13) dan (2-14) didapat variabel output di kedua persamaan tersebut $y_e(k)$ dan $y_m(k)$ yang akan masuk ke fungsi *fitness* yang kemudian akan diolah menggunakan logika PSO untuk menghasilkan estimasi parameter motor DC.

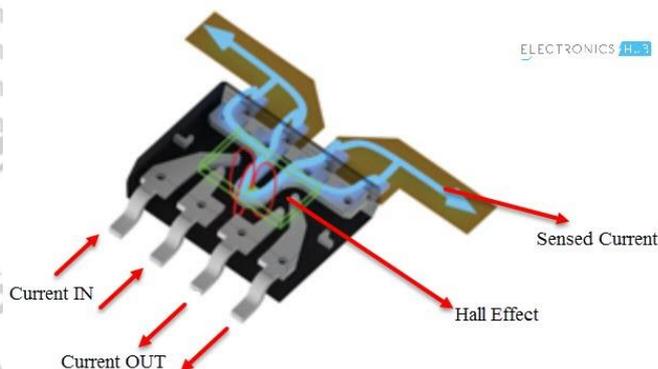


Gambar 2.3 Motor DC

Sumber : letpacific.com

2.3 Sensor Arus ACS721

Sensor Arus ACS712 adalah produk dari Allegro MicroSystems yang dapat digunakan untuk pengukuran arus AC dan DC yang presisi. Sensor ini didasarkan pada Hall Effect dan IC memiliki perangkat Hall Effect yang terintegrasi. Output dari Sensor Arus ACS712, menghasilkan tegangan analog yang sebanding dengan arus AC atau DC (mana yang dirasakan). IC ACS712 tersedia dalam paket SOIC 8-lead.



Gambar 2.4 Skema Cara Kerja Sensor Arus (ACS712)

Sumber : electronicshub.org

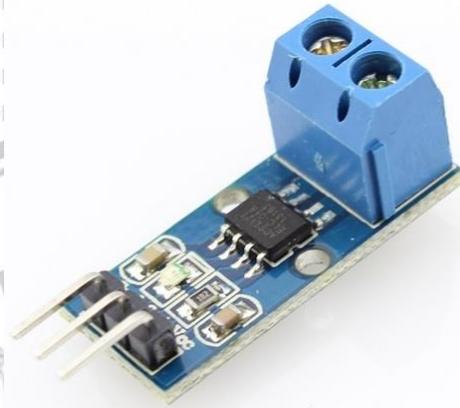
Ada tiga varian Sensor ACS712 berdasarkan jangkauan penginderaan arusnya. Rentang yang dioptimalkan adalah $\pm 5A$, $\pm 20A$, dan $\pm 30A$. tergantung pada variannya, sensitivitas output juga bervariasi.

ASC712 menggunakan *Hall Effect* untuk mendapatkan nilai arus. Terapat strip tembaga yang menghubungkan pin IP+ dan IP- secara internal. Ketika beberapa arus mengalir melalui konduktor tembaga ini, medan magnet dihasilkan yang dirasakan oleh sensor *Hall Effect*. Sensor *Hall Effect* kemudian mengubah medan magnet ini menjadi tegangan yang sesuai seperti pada gambar 2.3. Dalam metode ini, input dan output benar-benar terisolasi. Dengan asumsi VCC ke ASC712 adalah 5V saat ada arus mengalir melalui terminal IP+ dan IP- nilai yang dibaca mikrokontroler didapat dari persamaan (2-5) dan ketika tidak ada arus yang mengalir melalui terminal IP+ dan IP-, tegangan output pada VIOUT ACS712 adalah 2.5V(offsetVoltage). Ini berarti perlu untuk mengurangi 2.5V dari tegangan yang diukur pada pin analog. Sekarang, untuk menghitung arus, bagi nilai tersebut dengan sensitivitas sensor sesuai dengan persamaan (2-6) ($185mV/A$ untuk Sensor 5A,

100mV/A untuk Sensor 20A dan 66 mV/A untuk Sensor 30A). Pada gambar 2.5 merupakan contoh produk Modul Sensor Arus ACS721.

$$adcVoltage = \frac{adcValue}{1024} \times 5000 (mV) \quad (2-5)$$

$$current = \frac{adcVoltage - offsetVoltage}{sensitivitas} \quad (2-6)$$



Gambar 2.5 Sensor Arus ACS721

Sumber : electricityofdream.blogspot.com

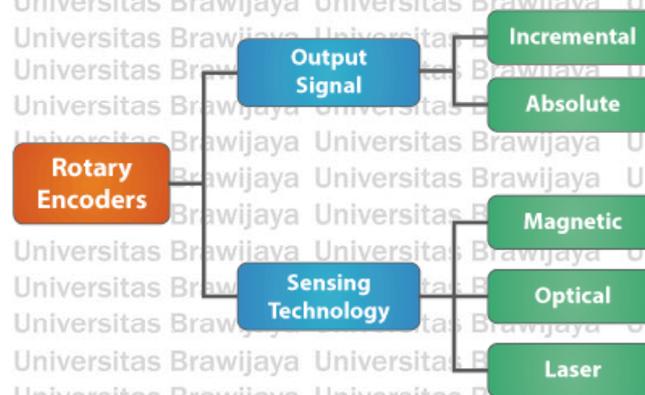
2.4 Sensor kecepatan *Rotary Encoder*

Encoder adalah sensor elektromekanis dari gerakan atau posisi. Ada dua jenis *encoder* yang berbeda:

1. *Encoder* linier (merespon gerakan di sepanjang jalur)
2. *Rotary encoder* (merespon gerakan rotasi)

Rotary encoder adalah perangkat elektromekanis yang digunakan untuk mendeteksi posisi sudut atau gerakan poros atau gandar dengan mengubah perpindahan mekanis rotasi menjadi sinyal listrik dan memprosesnya. *Encoder* linier dan *rotary encoder* juga disebut *shaft encoder*. *Rotary encoder* biasanya ditempatkan pada sisi yang tegak lurus dengan poros dan digunakan untuk mendeteksi sudut, kecepatan, panjang, posisi dan percepatan di bidang otomatisasi.

Rotary encoder dapat diklasifikasikan dalam berbagai kategori menurut Sinyal Output atau Teknologi Penginderaannya. Klasifikasi *rotary encoder* terlihat jelas dari Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Klasifikasi *Rotary Encoder*

Sumber: (Papoutsidakis, 2018)

Rotary encoder incremental menggunakan sensor yang menggunakan penghitungan indeks optik, mekanis, atau magnetik untuk pengukuran sudut. Sensor ini memberikan umpan balik kecepatan, arah, dan posisi dengan menghasilkan serangkaian pulsa gelombang kotak yang sebanding dengan rotasi motor atau poros yang digerakkan. Pada gambar 2.7 merupakan contoh produk *rotary encoder incremental* yang menggunakan optik sebagai penghitung indeks.



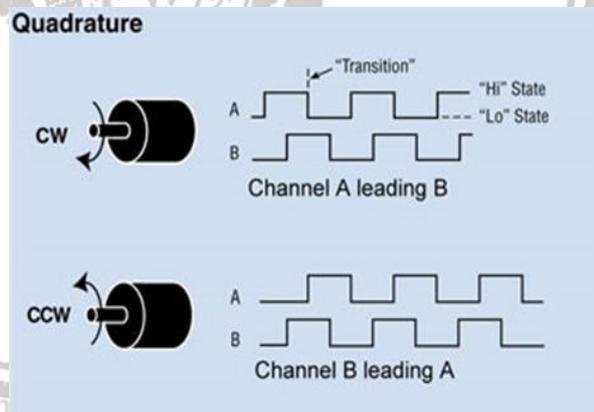
Gambar 2.7 *Rotary Encoder Incremental*

Sumber : www.omron.co.id

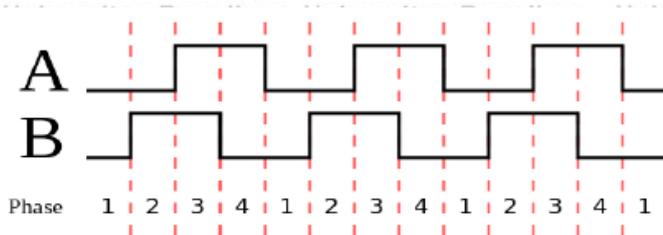
Encoder Incremental single-channel menampilkan satu set pulsa, sehingga *Encoder Incremental single-channel* hanya dapat memberikan informasi terbatas. Sensor ini dapat menentukan jumlah pulsa dalam satu putaran. *Encoder* dengan satu set pulsa tidak dapat menunjukkan arah gerakan, oleh karena itu biasanya digunakan untuk aplikasi seperti sistem konveyor satu arah. Banyak *encoder incremental* memiliki pulsa kedua yang memiliki

perbedaan fase 90° . Ketika dua set pulsa digunakan, karena berada di luar fase satu sama lain, arah putaran dapat ditentukan dari jumlah pergeseran fase antara set pulsa pertama dan kedua. Sebagai contoh, untuk aplikasi yang memiliki getaran tinggi, *encoder incremental single-channel* bukanlah pilihan yang baik, karena *encoder incremental single-channel* dapat menghitung aliran pulsa yang dihasilkan oleh dithering sumbu tentang titik setel sebagai perpindahan nyata, tetapi *encoder saluran ganda* akan dapat mengenali perubahan arah dan mengabaikan aliran pulsa atau menyaringnya sebagai noise.

Setelah sinyal keluaran dibangkitkan, diperlukan untuk menentukan posisi rotasi atau arah putaran juga. Untuk posisi yang diputar cukup dengan melihat melalui salah satu dari dua output hanya dengan menghitung pulsa sinyal. Untuk menentukan arah rotasi seperti yang telah disebutkan, kedua sinyal harus dianalisis pada saat yang sama dan ada perbedaan fase 90° di antara keduanya yang tidak bergantung pada putaran. Jika arah putaran searah jarum jam maka keluaran A akan mendahului keluaran B. Sebaliknya jika keluaran B mendahului keluaran A, berarti arah putaran berlawanan arah jarum jam. Pada gambar 2.8 dan tabel 2.1 cara menentukan arah putaran diilustrasikan dengan jelas. Misalnya, jika nilai terakhir adalah 00, kemudian nilai saat ini adalah 01 maka perangkat telah berputar berlawanan arah jarum jam.



(a)



Gambar 2.8 (a) Menentukan arah putaran *Encoder*. (b) Dua gelombang kotak saat rotasi berlawanan arah jarum jam

Sumber: (Papoutsidakis, 2018)

Tabel 2.1 Penguraian Kode Sinyal Keluaran *Encoder*

Phase	A	B
1	0	0
2	0	1
3	1	1
4	1	0

Kecepatan *encoder* dapat ditentukan dengan salah satu metode yaitu penghitungan pulsa. Penghitungan pulsa menggunakan periode sampling (t) dan jumlah pulsa (n) yang dihitung selama periode sampling untuk menentukan waktu rata-rata untuk satu pulsa (t/n).

Mengetahui jumlah pulsa per putaran (N) untuk *encoder*, kecepatan dapat dihitung.

$$\omega = \frac{2\pi n}{Nt} \quad (2-7)$$

Dimana:

ω = kecepatan sudut

n = nilai pulsa yang terbaca

t = waktu *sampling*

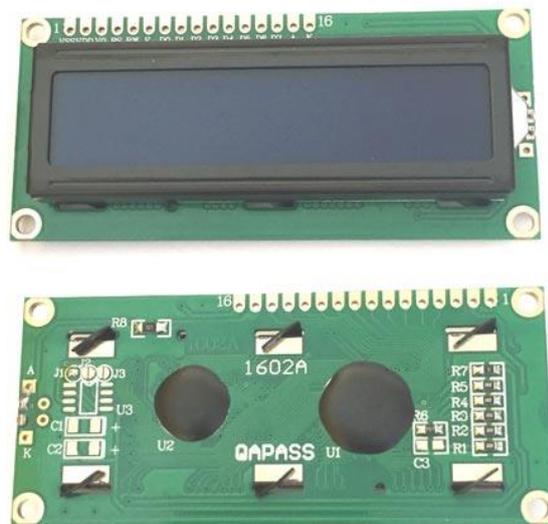
N = jumlah pulsa per rotasi

2.5 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

LCD merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter baik berupa angka, huruf, simbol atau karakter tertentu sehingga tampilannya tersebut dapat secara visual.

Kemampuan LCD tidak hanya menampilkan angka, tetapi juga huruf, kata dan semua simbol dengan lebih bagus dan serbaguna daripada penampil-penampil yang menggunakan seven segment LED (light emitting dioda) pada umumnya.

Sangat banyak kegunaan LCD dalam perancangan suatu sistem yang menggunakan mikrokontroler. LCD berfungsi menampilkan suatu hasil nilai sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis LCD 1602A merupakan modul LCD dengan tampilan 16x2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus mengendalikan LCD.



Gambar 2.9 LCD 16x2

Sumber : components101.com

2.6 Modul LM2596

Modul step down atau penurun tegangan DC LM2596 ini digunakan untuk mengatur tegangan yang dibutuhkan dengan yang tersedia. Seringkali dalam pembuatan rangkaian elektronika atau modul-modul mikrokontroler terdapat perbedaan tegangan kerja antar modul sehingga memerlukan sebuah modul regulator untuk menyesuaikan tegangan.

Modul step down DC to DC LM2596 ini digunakan untuk menurunkan tegangan ke tegangan yang lebih rendah.

- a. Input voltage : DC 3V - 40V
- b. Output voltage: DC 1.5V - 35V (tegangan output harus lebih rendah dengan selisih minimal 1.5 V)
- c. Arus max : 3 A
- d. Ukuran board : 42 mm x 20 mm x 14 mm

Untuk menyesuaikan tegangan cukup dengan memutar potensio yang ada pada board. Perhatikan pada tanda input dan output, serta polaritas positif dan negatif jangan sampai terbalik karena akan merusak modul.



Gambar 2.10 Modul LM2596

Sumber : skemaku.com

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian ini akan diuraikan perancangan dan perealisasi alat agar dapat bekerja sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Langkah – Langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah dengan penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat dan pengambilan kesimpulan.

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat ditetapkan terlebih dahulu secara keseluruhan sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat adalah sebagai berikut:

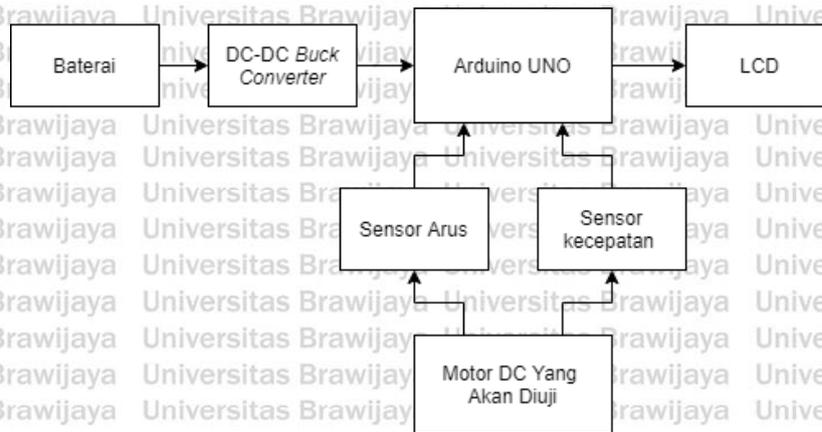
1. Mikroprosesor Arduino uno.
2. Driver Motor EMS 30A H-Bridge.
3. Sensor arus berupa modul ACS721.
4. Sensor kecepatan berupa *rotary encoder incremental*.
5. Untuk menampilkan data menggunakan LCD 16x2.
6. Rangkaian DC – DC *buck converter* berupa modul LM2596.
7. Baterai li-po 2 sel 7,4 volt.
8. Motor yang akan diuji yaitu *Brushed* motor DC dengan catu daya 12-24V.

3.2 Perancangan Sistem

Secara garis besar, perancangan sistem alat dibagi menjadi 2 subsistem yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Prinsip kerja alat dapat dijelaskan dari masing – masing komponen dalam perancangan keseluruhan sistem.

3.2.1 Perancangan Keseluruhan Sistem

Dari kedua subsistem perangkat keras dan subsistem perangkat lunak dapat dijelaskan prinsip kerja keseluruhan sistem pada alat dengan blok diagram seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Arus dan tegangan yang berasal dari baterai Li-Po akan diterima oleh DC – DC *buck converter* berupa modul LM2596, kemudian tegangan akan diturunkan sesuai dengan kebutuhan mikroprosesor arduino. Tegangan yang berasal dari baterai bernilai 7,4 volt diturunkan menjadi 5 volt yang akan menjadi catu daya arduino.

Setelah tegangan diubah menjadi 5 volt maka arduino akan menyala karena telah mendapatkan catu daya. Sensor arus berupa modul ACS721, sensor kecepatan berupa *rotary encoder incremental* dan juga *Liquid Crystal Display (LCD)* akan menyala karena mendapatkan catu daya dari arduino yang telah terhubung.

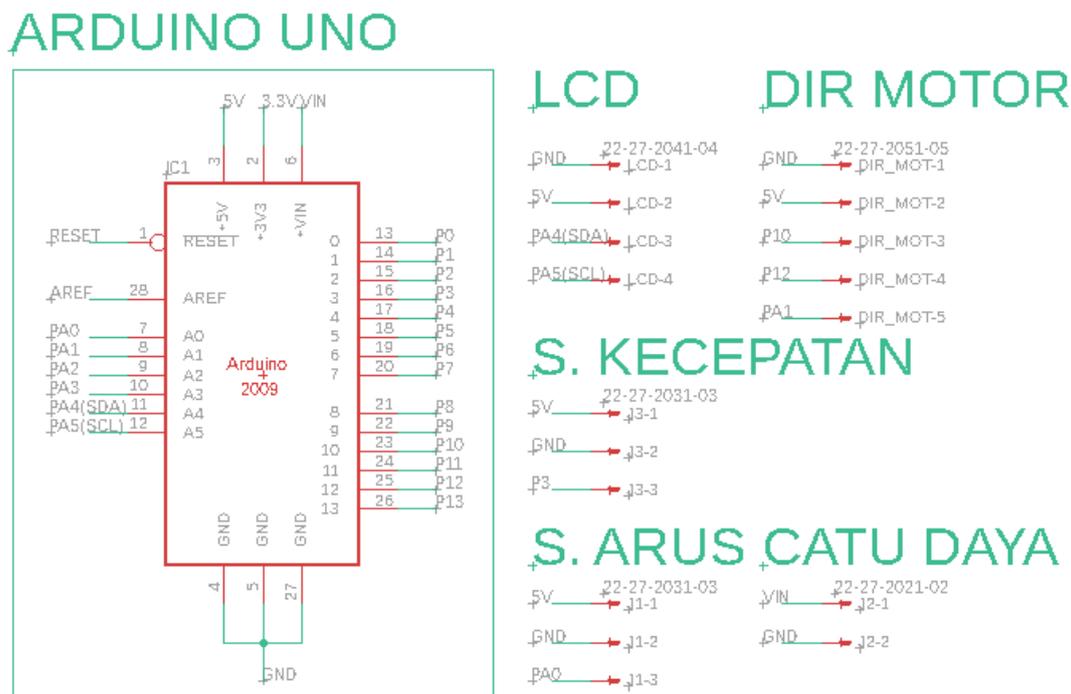
Modul sensor arus ACS721 dan sensor kecepatan *rotary encoder incremental* akan mengakuisisi data pada motor dc yang akan diuji untuk mendapatkan variabel-variabel yang diinginkan. Arduino akan mengolah Variabel-variabel ini untuk mendapatkan estimasi parameter motor yang diuji menggunakan logika *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Setelah mendapatkan estimasi parameter maka arduino akan menampilkan hasil dari estimasi parameter ke LCD.

3.2.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan pada subsistem perangkat keras dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan sensor kecepatan *rotary encoder incremental* dan perancangan sensor arus dan tegangan yang terhubung pada komponen Arduino.

Keseluruhan sistem menggunakan catu daya 7,4V dari baterai. Tegangan dari baterai masuk ke modul LM2596 kemudian akan diturunkan menjadi 5V sesuai kebutuhan tegangan masukan arduino. Rangkaian sensor dan LCD menggunakan tegangan 5V yang bersumber dari arduino. Setelah menentukan estimasi parameter kemudian akan ditampilkan melalui

LCD. Pada subsistem perangkat keras ini disediakan juga pin untuk *driver* motor jika dibutuhkan untuk menggerakkan motor. Gambar skematik untuk keseluruhan sistem yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino dapat dilihat pada Gambar 3.2.

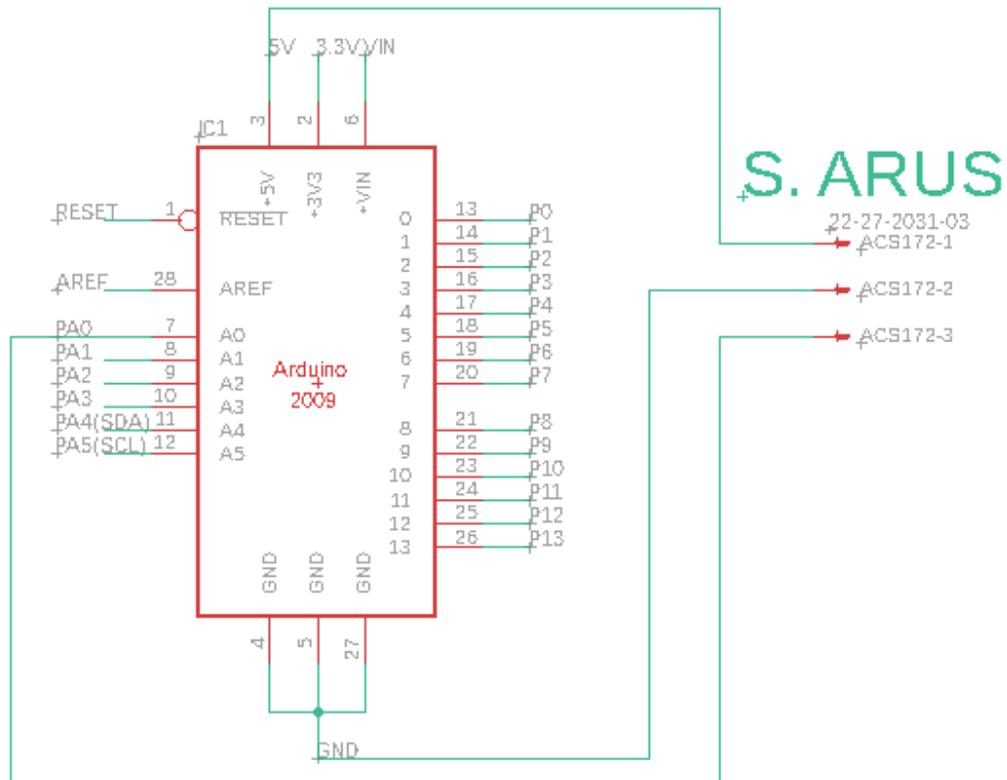


Gambar 3.2 Skematik Hardware yang Terhubung Arduino

3.2.2.1 Perancangan Sensor Arus

Perancangan sensor arus yang diukur merupakan keluaran motor DC menggunakan modul sensor ACS721. Karena sensor ini memiliki fungsi yang dapat membaca nilai arus DC maupun AC yang presisi dengan ukuran komponen yang kecil. Selain karena ukuran yang kecil, modul ini memiliki kapasitas untuk membaca nilai arus dari 0 A hingga maksimal 5A. Selain itu untuk membaca nilai arus yang terdeteksi oleh sensor sangatlah mudah, sensor dapat menampilkan nilai arus dan tegangan yang terbaca dengan menampilkannya pada serial monitor yang tersedia pada *software* Arduino IDE. Gambar skematik sensor ACS721 dapat dilihat pada Gambar 3.3.

ARDUINO UNO

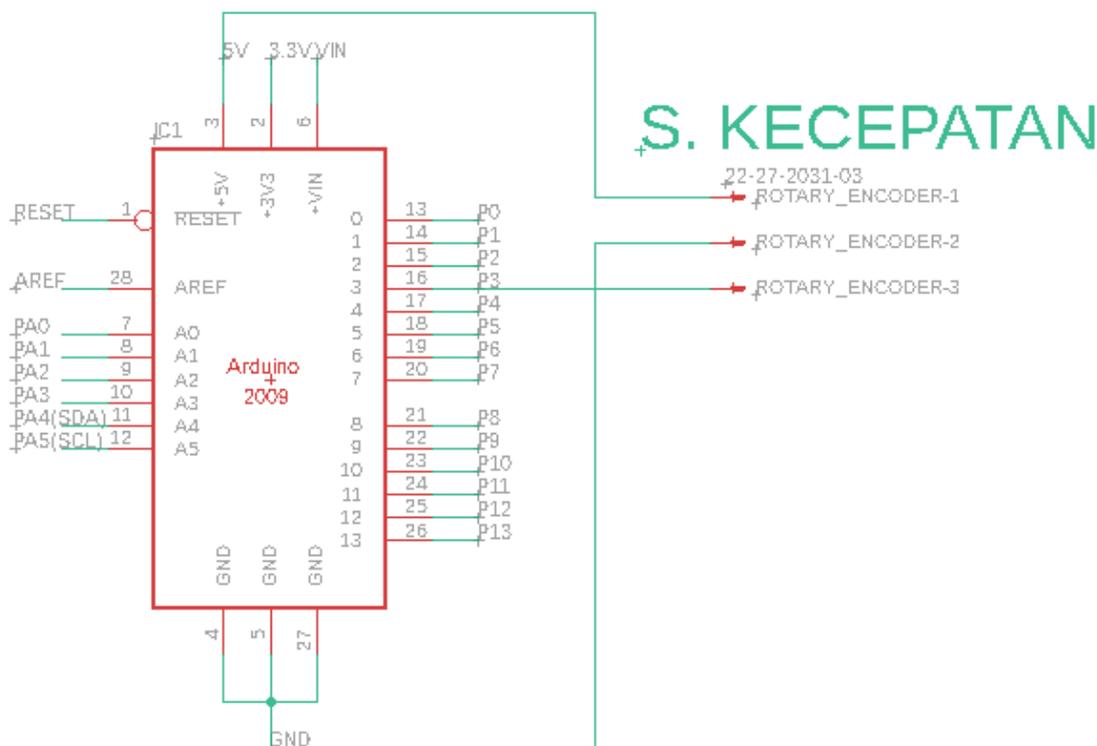


Gambar 3.3 Skematik Modul ACS721 Terhubung Arduino

3.2.2.2 Perancangan Sensor kecepatan

Perancangan sensor kecepatan menggunakan *rotary encoder incremental* dimana pada penggunaannya, *rotary encoder incremental* dihubungkan dengan *shaft* motor untuk mendapatkan data kecepatan motor untuk diolah arduino. *rotary encoder incremental* ini memiliki tegangan catu daya 5VDC sampai 24VDC dengan konsumsi arus maksimal 80mA. Sensor kecepatan *rotary encoder incremental* ini memiliki resolusi 1000ppr. Gambar skematik ditunjukkan pada Gambar 3.4.

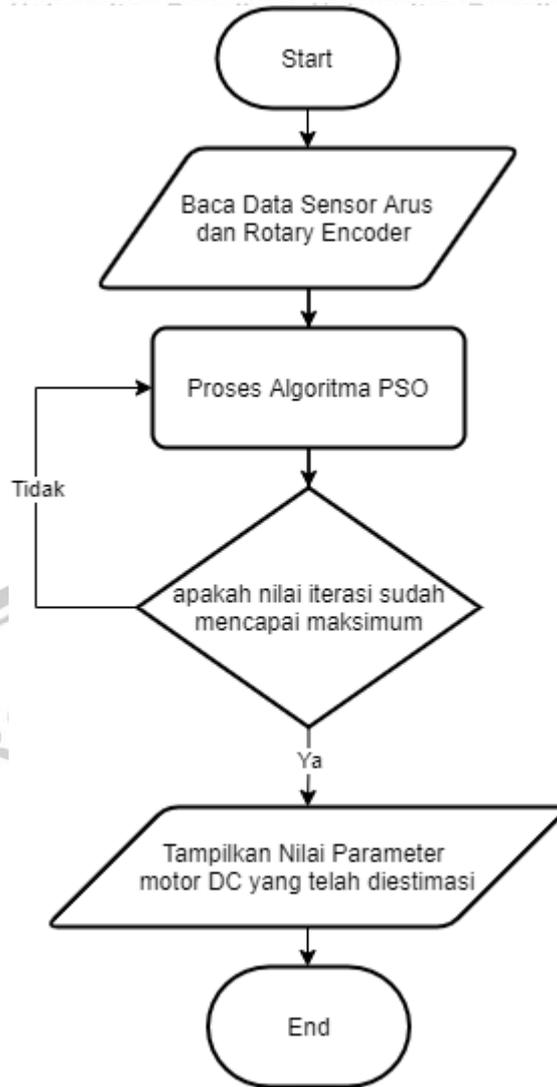
ARDUINO UNO



Gambar 3.4 Skematik Sensor Kecepatan Terhubung Arduino

3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan bagian subsistem perangkat lunak ini secara garis besar meliputi pemrograman untuk pembacaan sensor arus ACS721 dan sensor kecepatan *rotary encoder incremental*, serta menampilkan hasil estimasi parameter pada LCD. Semua pemrograman pada sistem akan dituliskan kedalam Arduino dengan menggunakan bahasa C yang dapat diprogram menggunakan komputer dengan bantuan *software* Arduino IDE. data yang telah diunggah kedalam Arduino dapat ditunjukkan dengan diagram alir pada Gambar 3.6.



Gambar 3.5 Diagram Alir Perancangan Software

3.3 Pengujian Alat

Untuk menganalisis kinerja alat, maka harus dilakukan pengujian sistem pada seluruh sistem. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah sistem bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Secara garis besar pengujian yang dilakukan meliputi :

1. Pembacaan Sensor.

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah tiap sensor bekerja dan sesuai dengan yang telah direncanakan, dan juga untuk mengetahui nilai – nilai yang terbaca oleh sensor untuk dapat diambil kesimpulan. Pengujian dilakukan dengan menampilkan nilai yang terbaca oleh sensor pada serial monitor.

2. Perhitungan Data Hasil Pengujian.

Setelah dilakukan pengujian sensor dan didapatkan data hasil pengujian, data selanjutnya diolah untuk mendapatkan kesimpulan apakah alat sudah bekerja dengan baik.



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai perencanaan perancangan yang telah dibuat. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian dari setiap bagian sistem mulai dari sumber daya hingga beban pada sistem. Bagian – bagian yang diuji adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Modul Sensor ACS721.
2. Pengujian Sensor kecepatan *rotary encoder incremental*.
3. Pengujian Kinerja Alat.

4.1 Pengujian Sensor ACS721

Pengujian modul sensor ACS721 dilakukan untuk mengetahui arus keluaran yang dihasilkan oleh *Brushed* motor DC yang diuji. Setelah pengujian sensor ACS721 dapat diketahui nilai arus yang akan terbaca pada serial monitor pada *software* Arduino IDE.

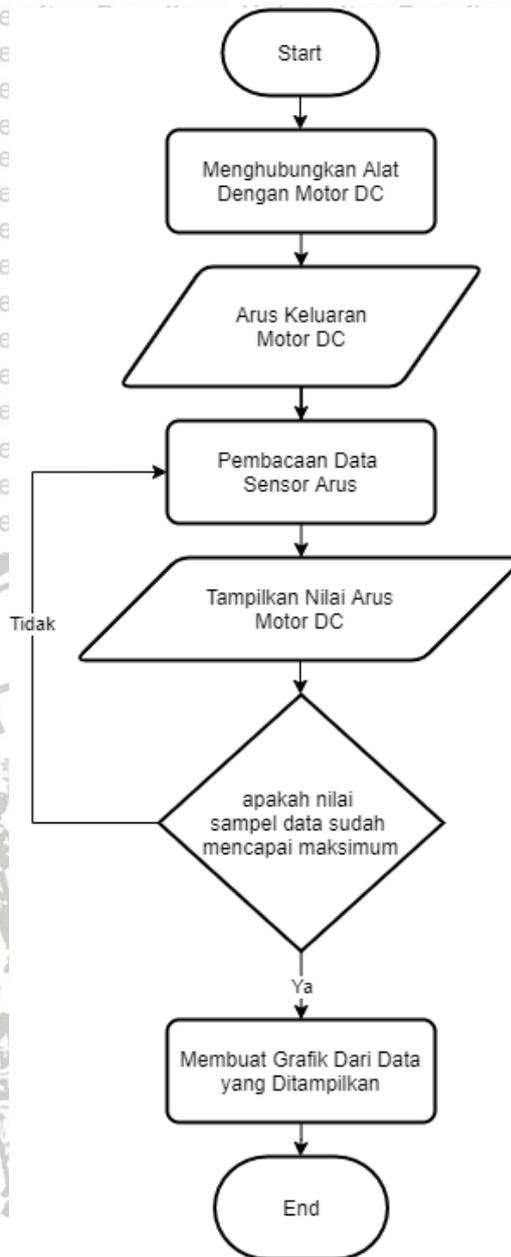
4.1.1 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian sensor ACS721 adalah sebagai berikut :

1. Modul Sensor ACS721 (1 buah)
2. *Brushed* motor DC dengan catu daya 12-24V (1 buah)
3. Driver Motor EMS 30A H-Bridge (1 buah)
4. Arduino Uno (1 buah)
5. Kabel *Jumper*
6. Laptop (1 buah)
7. Multimeter (1 buah)

4.1.2 Prosedur Pengujian

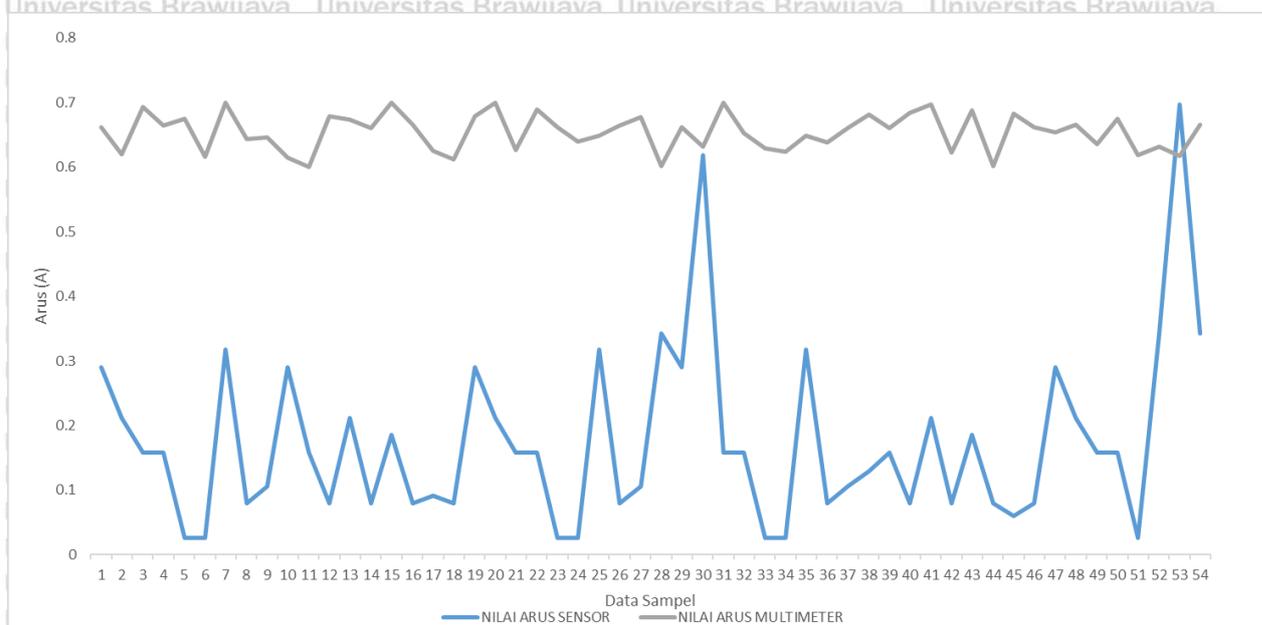
Proses pengujian modul sensor ACS721 dilakukan dengan cara mengukur arus keluaran yang terbaca pada sensor. Setelah itu dapat diperoleh data arus keluaran yang terukur pada *Brushed* motor DC yang diuji. Langkah – Langkah untuk melakukan pengujian sensor ACS721 dapat dijelaskan dengan diagram alir berikut.



Gambar 4.1 Diagram Alir Pengujian Sensor Arus

4.1.3 Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian ditunjukkan pada grafik pengukuran nilai arus ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Nilai Arus

Dari gambar 4.1 didapatkan data tentang arus keluaran *Brushed* motor DC yang diuji yang terbaca oleh sensor arus ACS721.

Nilai arus yang telah didapatkan pada pembacaan sensor ACS721 selanjutnya digunakan pada arduino menggunakan algoritma PSO (*Particle Swarm Optimization*) untuk menghasilkan estimasi parameter motor yang diuji.

4.2 Pengujian sensor kecepatan

Pengujian modul sensor kecepatan Menggunakan *rotary encoder incremental* dilakukan untuk mengetahui kecepatan keluaran yang dihasilkan oleh *Brushed* motor DC yang diuji. Setelah pengujian sensor *rotary encoder incremental* dapat diketahui nilai kecepatan yang akan terbaca pada serial monitor pada *software* Arduino IDE.

4.2.1 Alat yang Digunakan

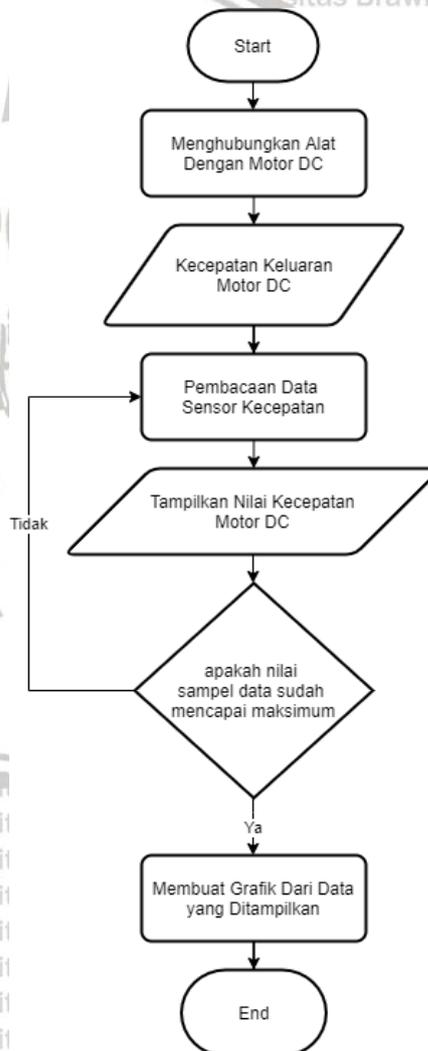
Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian pada rangkaian buck converter adalah sebagai berikut :

1. Modul Sensor kecepatan *rotary encoder incremental* (1 buah)
2. *Brushed* motor DC dengan catu daya 12-24V (1 buah)

3. Driver Motor EMS 30A H-Bridge (1 buah)
4. Arduino Uno (1 buah)
5. Kabel *Jumper*
6. Laptop (1 buah)

4.2.2 Prosedur Pengujian

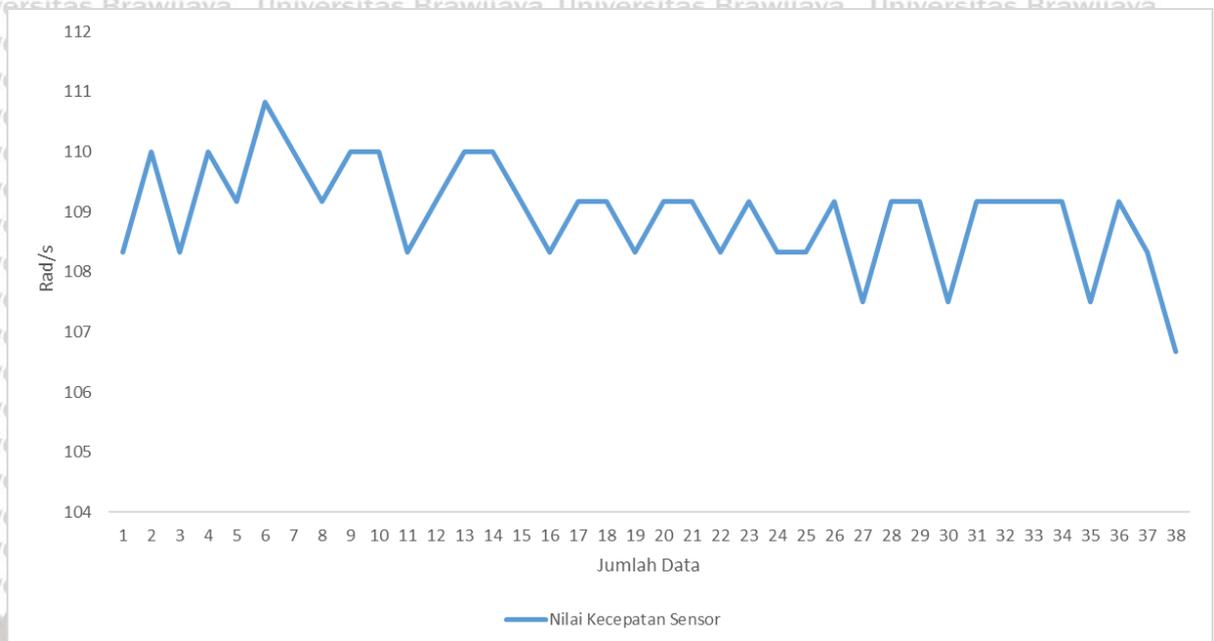
Proses pengujian modul sensor kecepatan *rotary encoder incremental* dilakukan dengan cara mengukur kecepatan keluaran yang terbaca pada sensor. Setelah itu dapat diperoleh data kecepatan keluaran dan dapat ditentukan berapa nilai kecepatan yang terukur pada *Brushed* motor DC yang diuji. Langkah – Langkah untuk melakukan pengujian sensor kecepatan *rotary encoder incremental* dapat dijelaskan dengan diagram alir berikut.



Gambar 4.3 Diagram Alir Pengujian Sensor Kecepatan

4.2.3 Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian ditunjukkan pada grafik Pengukuran nilai kecepatan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.4 grafik pengukuran nilai kecepatan

Dari gambar 4.2 didapatkan data tentang kecepatan keluaran *Brushed* motor DC yang diuji yang terbaca oleh sensor arus ACS721.

Nilai arus yang telah didapatkan pada pembacaan sensor kecepatan *rotary encoder incremental* selanjutnya digunakan pada arduino menggunakan algoritma PSO (*Particle Swarm Optimization*) untuk menghasilkan estimasi parameter motor yang diuji.

4.3 Pengujian Kinerja Alat

Pengujian kinerja alat bertujuan untuk mengetahui apakah rancang bangun alat yang sudah dibuat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian kinerja alat meliputi pengujian *Brushed* motor DC untuk menghasilkan estimasi parameter dari motor DC.

Pengujian menggunakan keseluruhan komponen pada sistem alat mikrokontroler untuk menentukan parameter motor DC yang sudah diuji coba sebelumnya bagian komponen – komponen penting dalam sistem. Semua komponen dipasang pada bagian kotak alat yang terbuat dari plastik yang sudah dibuat.

4.3.1 Prosedur Pengujian

Pengujian kinerja alat ini dilakukan dengan cara menghubungkan motor DC yang ingin diuji ke alat yang telah dibuat untuk menentukan estimasi parameter motor DC kemudian menampilkan data hasil estimasi parameter. Langkah – langkah pengujian kinerja alat mikrokontroler untuk menentukan parameter motor DC ini adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat mikrokontroler untuk menentukan parameter motor DC yang sudah dibuat dan motor DC yang akan diuji.
2. Hubungkan sensor arus dan sensor kecepatan terhadap motor DC yang akan diuji.
3. Nyalakan alat dan alat akan otomatis mengestimasi parameter motor yang diuji.
4. Catat hasil dari estimasi parameter motor DC.

4.3.2 Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian kinerja alat mikrokontroler untuk menentukan parameter motor DC ini ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kinerja Alat

PARAMETER	NILAI	SATUAN
B	$1,87 \times 10^{-5}$	kg.m/(rad/s)
J	$3,34 \times 10^{-3}$	kg.m ²
K_T	$8,24 \times 10^{-2}$	Nm/A
K_E	$8,24 \times 10^{-2}$	V/(rad/s)
R	6,47	Ω
L	0,59	H

Dari hasil percobaan kinerja alat mikrokontroler untuk menentukan parameter motor DC dapat diketahui bahwa alat dapat menghasilkan estimasi parameter motor DC yaitu berupa momen Inersia (J), damping (b), Resistansi dalam (R), Induktansi Motor (L), Konstan Back E.M.F. (K_E), dan torsi konstan (K_T).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, implementasi, perhitungan dan pengujian pada pembahasan sebelumnya maka kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Seluruh sistem yang telah dirancang dan dibuat dapat bekerja dengan baik pada setiap bagian, sensor ACS721 dapat membaca nilai arus meskipun hasil yang didapat kurang baik. Sensor *rotary encoder incremental* dapat membaca nilai kecepatan dengan baik.
2. Alat mikrokontroler untuk menentukan parameter motor DC ini mampu menghasilkan estimasi parameter motor DC.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah dengan mencari alternatif sensor arus yang memiliki kemampuan membaca arus dengan lebih baik dan juga lebih presisi dan memodifikasi alat agar dimensi yang lebih kompak.

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

Kennedy, M. Clerc and J. "The particle swarm explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space." 2002: 58-73.

Mughal, Muhammad & Khan, Mansoor & Shah, Aamer & Almani, Aftab. "DC Motor Parameter Estimation Using Chaotic Initialized Particle Swarm Optimization." 2018: 3-5.

Premeaux, Emery, 2011. "Arduino Projects to Save the World". New York. Technology In Action

Sukmadi, Tedjo. 2006. "Estimasi Parameter Adaptif Motor DC Dengan Metode Algoritma Genetik."



Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN



Lampiran 1 Foto Alat

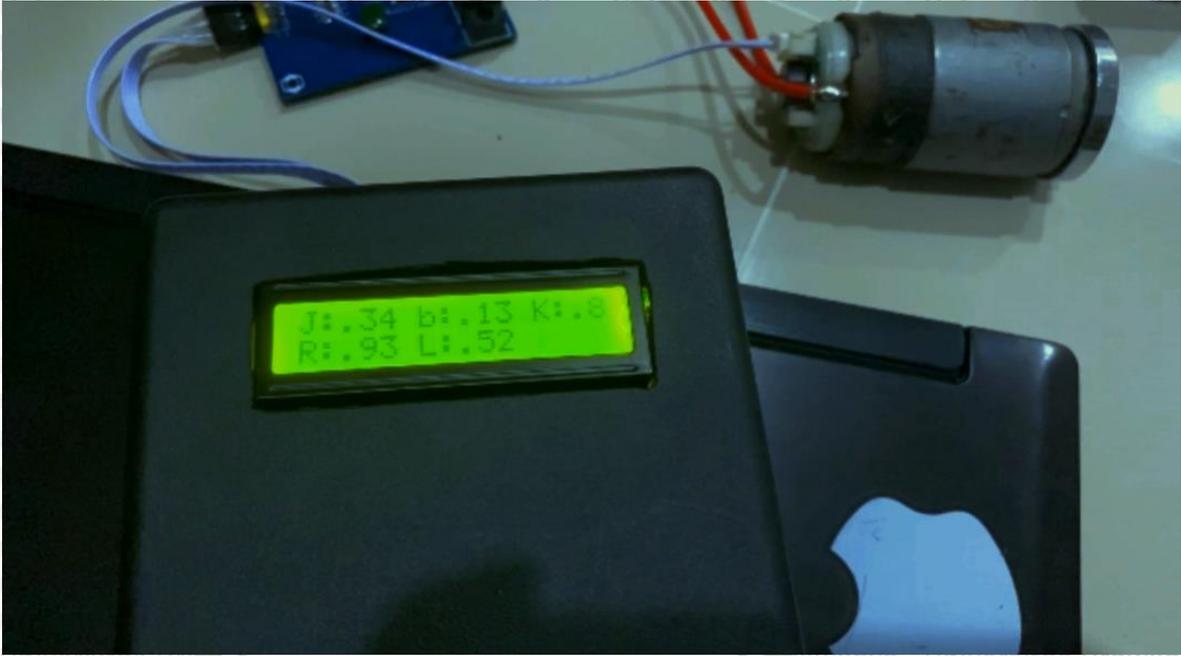


Dokumentasi Keseluruhan Alat

Dokumentasi Tampak Atas Alat



Rangkaian Elektrik Alat



Tampilan Nilai Parameter Motor DC pada Alat

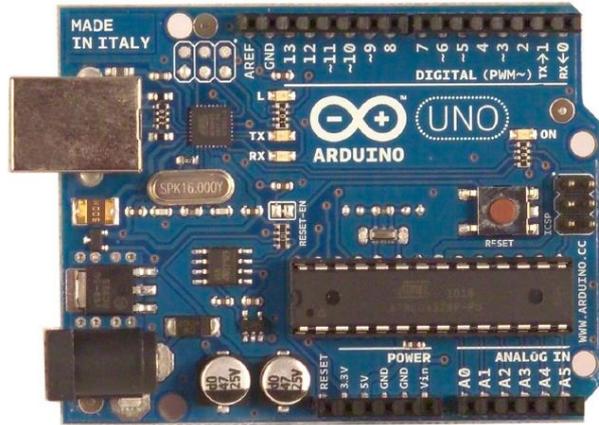


Dokumentasi Alat dan Motor DC yang akan Diuji

Lampiran 2 Datasheet

1. Datasheet Arduino

Arduino UNO 



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328P ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



Technical Specification

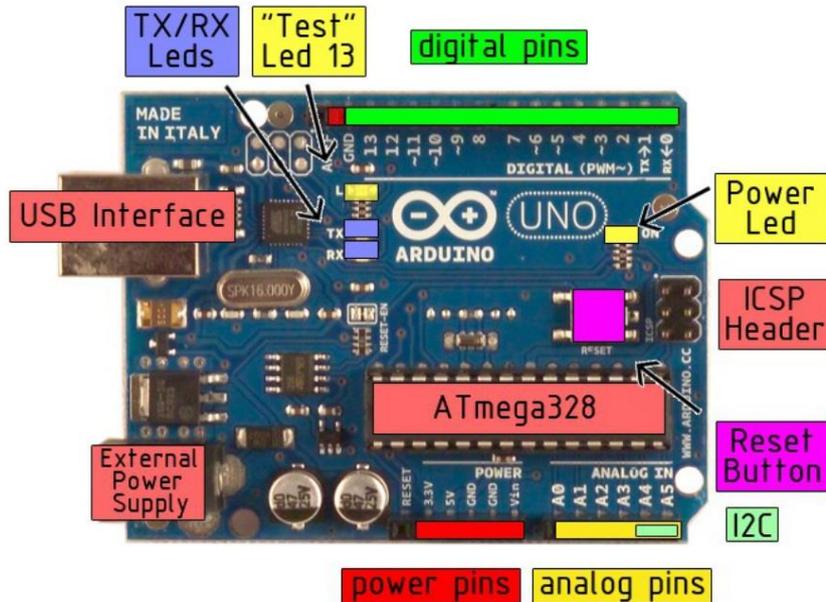


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS





ACS712

Fully Integrated, Hall-Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

FEATURES AND BENEFITS

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



Package: 8-Lead SOIC (suffix LC)



Not to scale

DESCRIPTION

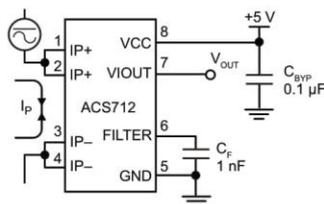
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_p , within the range specified. C_f is recommended for noise management, with values that depend on the application.

3. Datasheet Encoder E62

Incremental 40-mm-dia. Rotary Encoder

E6B2-C

CSM_E6B2-C_DS_E_6_1

General-purpose Encoder with External Diameter of 40 mm

- Incremental model
- External diameter of 40 mm.
- Resolution of up to 2,000 ppr.



 Be sure to read *Safety Precautions* on page 4.

For the most recent information on models that have been certified for safety standards, refer to your OMRON website.

Ordering Information

Encoders [Refer to *Dimensions* on page 4.]

Power supply voltage	Output configuration	Resolution (pulses/rotation)	Model
5 to 24 VDC	NPN open-collector output	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600	E6B2-CWZ6C (resolution) 0.5M Example: E6B2-CWZ6C 10P/R 0.5M
		720, 800, 1,000, 1,024	
		1,200, 1,500, 1,800, 2,000	
12 to 24 VDC	PNP open-collector output	100, 200, 360, 500, 600	E6B2-CWZ5B (resolution) 0.5M Example: E6B2-CWZ5B 100P/R 0.5M
		1,000	
		2,000	
5 to 12 VDC	Voltage output	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600	E6B2-CWZ3E (resolution) 0.5M Example: E6B2-CWZ3E 10P/R 0.5M
		1,000	
		1,200, 1,500, 1,800, 2,000	
5 VDC	Line-driver output	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600	E6B2-CWZ1X (resolution) 0.5M Example: E6B2-CWZ1X 10P/R 0.5M
		1,000, 1,024	
		1,200, 1,500, 1,800, 2,000	

Accessories (Order Separately) [Refer to *Dimensions* on *Rotary Encoder Accessories*.]

Name	Model	Remarks
Couplings	E69-C06B	Provided with the product.
	E69-C68B	Different end diameter
	E69-C610B	Different end diameter
	E69-C06M	Metal construction
Flanges	E69-FBA	---
	E69-FBA02	E69-2 Servo Mounting Bracket provided.
Servo Mounting Bracket	E69-2	---

Note: 1. Refer to *Rotary Encoders Accessories* on your OMRON website for details.
2. Refer to *Precautions For Correct Use of Rotary Encoders* on your OMRON website when using the Rotary Encoders together with a Coupling.



E6B2-C

Ratings and Specifications

Item	Model	E6B2-CWZ6C	E6B2-CWZ5B	E6B2-CWZ3E	E6B2-CWZ1X
Power supply voltage		5 VDC -5% to 24 VDC +15%, ripple (p-p): 5% max.	12 VDC -10% to 24 VDC +15%, ripple (p-p): 5% max.	5 VDC -5% to 12 VDC +10%, ripple (p-p): 5% max.	5 VDC ±5%, ripple (p-p): 5% max.
Current consumption *1		80 mA max.	100 mA max.		160 mA max.
Resolution (pulses/rotation)		10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600, 720, 800, 1,000, 1,024, 1,200, 1,500, 1,800, 2,000	100, 200, 360, 500, 600, 1,000, 2,000	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600, 1,000, 1,200, 1,500, 1,800, 2,000	10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600, 1,000, 1,024, 1,200, 1,500, 1,800, 2,000
Output phases		Phases A, B, and Z			Phases A, \bar{A} , B, \bar{B} , Z, and \bar{Z}
Phase difference between outputs		90°±45° between A and B (1/4 T ± 1/8 T)			
Output configuration		NPN open-collector output	PNP open-collector output	Voltage output (NPN output)	Line driver output *2
Output capacity		Applied voltage: 30 VDC max. Sink current: 35 mA max. Residual voltage: 0.4 V max. (at sink current of 35 mA)	Applied voltage: 30 VDC max. Source current: 35 mA max. Residual voltage: 0.4 V max. (at source current of 35 mA)	Output resistance: 2 kΩ Sink current: 20 mA max. Residual voltage: 0.4 V max. (at sink current of 20 mA)	AM26LS31 equivalent Output current High level: $I_o = -20$ mA Low level: $I_s = 20$ mA Output voltage: $V_o = 2.5$ V min. $V_s = 0.5$ V max.
Maximum response frequency *3		100 kHz	50 kHz	100 kHz	
Rise and fall times of output		1 μs max. (Control output voltage: 5 V, Load resistance: 1 kΩ, Cable length: 2 m max.)	1 μs max. (Cable length: 2 m max., Sink current: 10 mA)		0.1 μs max. (Cable length: 2 m max., $I_o = -20$ mA, $I_s = 20$ mA)
Starting torque		0.98 mN·m max.			
Moment of inertia		1×10 ⁻⁶ kg·m ² max.; 3 × 10 ⁻⁷ kg·m ² max. at 600 P/R max.			
Shaft loading	Radial	30 N			
	Thrust	20 N			
Maximum permissible speed		6,000 r/min			
Protection circuits		Power supply reverse polarity protection, Load short-circuit protection			---
Ambient temperature range		Operating: -10 to 70°C (with no icing), Storage: -25 to 85°C (with no icing)			
Ambient humidity range		Operating/Storage: 35% to 85% (with no condensation)			
Insulation resistance		20 MΩ min. (at 500 VDC) between current-carrying parts and case			
Dielectric strength		500 VAC, 50/60 Hz for 1 min between current-carrying parts and case			
Vibration resistance		Destruction: 10 to 500 Hz, 150 m/s ² or 2-mm double amplitude for 11 min 3 times each in X, Y, and Z directions			
Shock resistance		Destruction: 1,000m/s ² 3 times each in X, Y, and Z directions			
Degree of protection		IEC 60529 IP50			
Connection method		Pre-wired Models (Standard cable length: 500 mm)			
Materials		Case: ABS, Main unit: Aluminum, Shaft: SUS420J2			
Weight (packed state)		Approx. 100 g			
Accessories		Coupling, Hexagonal wrench, Instruction manual			

*1. An inrush current of approximately 9 A will flow for approximately 0.3 ms when the power is turned ON.

*2. The line driver output is a data transmission circuit compatible with RS-422A and long-distance transmission is possible with a twisted-pair cable. The quality is equivalent to AM26LS31.

*3. The maximum electrical response speed is determined by the resolution and maximum response frequency as follows:

$$\text{Maximum electrical response speed (rpm)} = \frac{\text{Maximum response frequency}}{\text{Resolution}} \times 60$$

This means that the E6B2-C Rotary Encoder will not operate electrically if its speed exceeds the maximum electrical response speed.

E6B2-C

I/O Circuit Diagrams

Model/Output Circuits	Output mode	Connection																		
<p>E6B2-CWZ6C</p> <p>E6B2-CWZ5B</p>	<p>E6B2-CWZ6C NPN Open-collector Output Model E6B2-CWZ5B PNP Open-collector Output Model</p> <p>Direction of rotation: CW (as viewed from end of shaft) Direction of rotation: CCW (as viewed from end of shaft)</p> <p>Note: Phase A is $1/4 T \pm 1/8 T$ faster than phase B. Note: Phase A is $1/4 T \pm 1/8 T$ slower than phase B. (The ONs in the above timing chart mean that the output transistor is ON and the OFFs mean that the output transistor is OFF.)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Terminal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Brown</td> <td>Power supply (+Vcc)</td> </tr> <tr> <td>Black</td> <td>Output phase A</td> </tr> <tr> <td>White</td> <td>Output phase B</td> </tr> <tr> <td>Orange</td> <td>Output phase Z</td> </tr> <tr> <td>Blue</td> <td>0 V (common)</td> </tr> </tbody> </table>	Color	Terminal	Brown	Power supply (+Vcc)	Black	Output phase A	White	Output phase B	Orange	Output phase Z	Blue	0 V (common)						
Color	Terminal																			
Brown	Power supply (+Vcc)																			
Black	Output phase A																			
White	Output phase B																			
Orange	Output phase Z																			
Blue	0 V (common)																			
<p>E6B2-CWZ3E</p>	<p>E6B2-CWZ3E Voltage Output Model</p> <p>Direction of rotation: CW (as viewed from end of shaft) Direction of rotation: CCW (as viewed from end of shaft)</p> <p>Note: Phase A is $1/4 T \pm 1/8 T$ faster than phase B. Note: Phase A is $1/4 T \pm 1/8 T$ slower than phase B. ("H" and "L" in the diagrams are the output voltage levels of phases A, B, and Z.)</p>																			
<p>E6B2-CWZ1X</p>	<p>E6B2-CWZ1X Line Driver Output Model</p> <p>Direction of rotation: CW (as viewed from end of shaft) Direction of rotation: CCW (as viewed from end of shaft)</p> <p>Note: Phase A is $1/4 T \pm 1/8 T$ faster than phase B. Note: Phase A is $1/4 T \pm 1/8 T$ slower than phase B. ("H" and "L" in the diagrams are the output voltage levels of phases A, B, and Z.)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Terminal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Brown</td> <td>Power supply (+Vcc)</td> </tr> <tr> <td>Black</td> <td>Output phase A</td> </tr> <tr> <td>Black/red stripes</td> <td>Output phase A</td> </tr> <tr> <td>White</td> <td>Output phase B</td> </tr> <tr> <td>White/red stripes</td> <td>Output phase B</td> </tr> <tr> <td>Orange</td> <td>Output phase Z</td> </tr> <tr> <td>Orange/red stripes</td> <td>Output phase Z</td> </tr> <tr> <td>Blue</td> <td>0 V (common)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Note: Receiver: AM26LS32 equivalent</p>	Color	Terminal	Brown	Power supply (+Vcc)	Black	Output phase A	Black/red stripes	Output phase A	White	Output phase B	White/red stripes	Output phase B	Orange	Output phase Z	Orange/red stripes	Output phase Z	Blue	0 V (common)
Color	Terminal																			
Brown	Power supply (+Vcc)																			
Black	Output phase A																			
Black/red stripes	Output phase A																			
White	Output phase B																			
White/red stripes	Output phase B																			
Orange	Output phase Z																			
Orange/red stripes	Output phase Z																			
Blue	0 V (common)																			

Notes: 1. The shielded cable outer core (shield) is not connected to the inner area or to the case.
 2. The phase A, phase B, and phase Z circuits are all identical.
 3. Normally, connect GND to 0 V or to an external ground.

E6B2-C

Safety Precautions

Be sure to read the precautions for all models in the website at: <http://www.ia.omron.com/>.

⚠ WARNING

This product is not designed or rated for ensuring safety of persons either directly or indirectly. Do not use it for such purposes.



Precautions for Safe Use

Incorrect wiring may damage internal circuits.

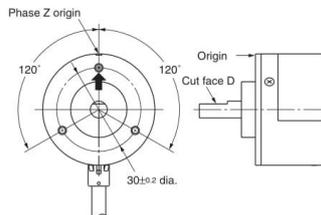
Precautions for Correct Use

Do not use the Encoder under ambient conditions that exceed the ratings.

● Mounting

● Origin Indication

It is easy to adjust the position of phase Z with the origin indication function. The following illustration shows the relationship between phase Z and the origin. Set cut face D to the phase Z origin as shown in the illustration.



- Do not extend the length of the cable to more than 2 m. If the cable must be more than 2 m, use a Model with a Line-driver Output (max. length: 100 m).

● Wiring

Spurious pulses may be generated when power is turned ON and OFF. Wait at least 0.1 s after turning ON the power to the Encoder before using the connected device, and stop using the connected device at least 0.1 s before turning OFF the power to the Encoder. Also, turn ON the power to the load only after turning ON the power to the Encoder.

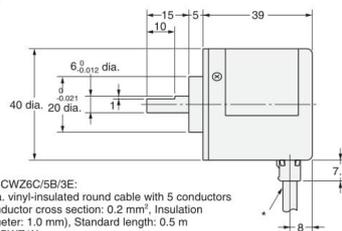
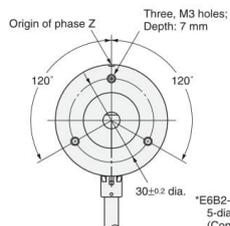
(Unit: mm)

Dimensions

Tolerance class IT16 applies to dimensions in this datasheet unless otherwise specified.

Encoder

E6B2-C



*E6B2-CWZ6C/5B/3E:
5-dia. vinyl-insulated round cable with 5 conductors
(Conductor cross section: 0.2 mm², Insulation diameter: 1.0 mm), Standard length: 0.5 m
E6B2-CWZ1X:
5-dia. vinyl-insulated round cable with 8 conductors
(Conductor cross section: 0.2 mm², Insulation diameter: 1.0 mm), Standard length: 0.5 m

Accessories (Order Separately)

Couplings

E69-C06B
E69-C68B
E69-C610B
E69-C06M

Flanges

E69-FBA
E69-FBA02

Servo Mounting Bracket

E69-2

Refer to *Rotary Encoders Accessories* on your OMRON website for details.

OMRON