

RANCANG BANGUN KONTROL MOTOR DC DENGAN PID MENGGUNAKAN PERINTAH SUARA DAN MONITORING BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Rizky Hansza

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

e-mail : rizkyhansza@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

e-mail : subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Salah satu teknologi yang dapat memberikan kemudahan bagi pemakainya yaitu teknologi dengan fitur pengenalan suara atau *voice recognition*. Motor DC merupakan salah satu beban yang digunakan dalam industri untuk proses produksi. Sistem kendali motor DC di industri menggunakan kabel sebagai media pengiriman hasil *monitoring* kecepatan putar, arus, dan tegangan. *Monitoring* motor listrik dapat dikendalikan jarak jauh secara nirkabel dengan nodeMCU sebagai pengirim dan penerima hasil *monitoring*. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengatur kecepatan motor DC dengan PID menggunakan perintah suara dan *monitoring* kondisi arus, tegangan, dan kecepatan putar berbasis *Internet Of Things* (IOT). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Nilai parameter PID yang ditemukan dengan menggunakan metode Analitik yaitu didapatkan nilai $K_p=2,021751$ $K_i=2,595857347$ dan $K_d=0,7873077$. Kemudian nilai tersebut diterapkan pada sistem dan memberikan respon yang baik pada *setpoint* 100 Rpm, 120 Rpm, 140 Rpm, 160 Rpm. Hasil pembacaan kecepatan putar, arus dan tegangan pada *setpoint* 100 memiliki *error* rerata berurutan 1,02%, 3,12%, 2,43%. Pada *setpoint* 120 memiliki *error* rerata berurutan 1,27%, 1,67%, 1,34%. Pada *setpoint* 140 memiliki *error* rerata berurutan 1,64%, 1,72%, 1,07%. Dan pada *setpoint* 160 memiliki *error* rerata berurutan 0,03%, 1,03%, 1,17%.

Kata Kunci: Perintah Suara, Sensor *Voice Recognition*, Motor DC, Kontroler PID, *Internet Of Things* (IOT), NodeMCU

Abstract

One technology that can provide convenience for the wearer is technology with voice recognition feature or voice recognition. DC motor is one of the loads used in industry for the production process. DC motor control systems in the industry use cable as a delivery medium for monitoring the speed of rotation, current and voltage. Electric motor monitoring can be controlled remotely wirelessly with nodeMCU as the sender and receiver of monitoring results. The purpose of this study is to design and regulate the speed of a DC motor with PID using voice commands and monitoring current, voltage, and speed-based Internet of Things (IOT). The results of the study showed that the value of the PID parameters found using the Analytical method obtained the value of $K_p = 2.021751$ $K_i = 2.595857347$, and $K_d = 0.7873077$. Then the value is applied to the system and gives a good response at a *setpoint* of 100 Rpm, 120 Rpm, 140 Rpm, 160 Rpm. The results of reading the rotational speed, current and voltage at *setpoint* 100 have sequential errors of 1,02%, 3,12%, 2,43%. At *setpoint* 120 has sequential mean errors of 1,27%, 1,67%, 1,34%. At *setpoint* 140 it has an average error of 1,64%, 1,72%, 1,07%. And at *setpoint* 160 has an average error of 0,03%, 1,03%, 1,17%.

Keywords: Voice Commands, Voice Recognition Sensor, DC Motor, PID Controller, Internet of Things (IOT), NodeMCU

PENDAHULUAN

Di zaman modern ini teknologi dibuat agar mempermudah bagi penggunaanya. Salah satu bentuk teknologi yang cukup memberikan suatu kemudahan bagi pemakainya adalah teknologi dengan fitur pengenalan

suara atau *voice recognition*. Teknologi ini yaitu dengan cara mengucapkan kata yang diinginkan seperti mencocokkan suara yang diucapkan ke *database* pada sistemnya. Suara dengan kata-kata yang telah diucapkan dapat diprogram, dan kemudian dapat digunakan untuk

berbagai-bagai keperluan seperti pengendalian kecepatan Motor DC juga dimungkinkan dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi dengan fitur ini. Banyaknya penggunaan Motor DC ini, semakin menimbulkan pemikiran untuk memudahkan pengoperasian motor DC tersebut.

Penggunaan internet dimasa datang mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengalahkan kemampuan komputasi manusia seperti mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh menggunakan media *internet*, IOT (*Internet Of Things*) memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet.

Dengan menggunakan sensor *voice recognition*, perintah untuk mengatur kecepatan Motor DC dapat dengan mudah dilakukan hanya dengan menggunakan suara dari jarak jauh. Berdasarkan hal-hal tersebut diatas, maka muncul sebuah pemikiran untuk membuat sebuah peralatan pengaturan kecepatan Motor DC dengan perintah suara dan monitoring berbasis *Internet Of Things* (IOT).

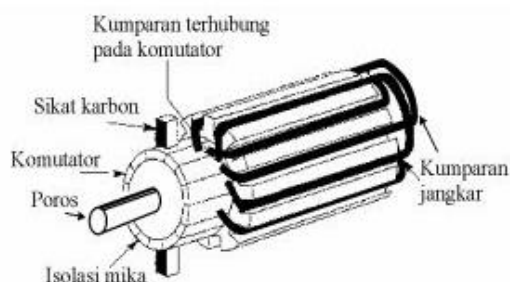
KAJIAN PUSTAKA

Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC pada penelitian ini digunakan sebagai beban tenaga pada industri, motor DC dijalankan dengan tanpa beban. Pada penelitian ini motor DC yang digunakan memiliki tegangan 12 V dengan kecepatan putar 180-190 rpm. Spesifikasi motor DC yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Motor DC

<i>Nominal Voltage</i>	12 V
<i>Nominal Speed</i>	180-190 rpm
<i>Nominal Current</i>	0,06-0,45 A
<i>Temperature</i>	-10-50 °C
<i>Body Diameter</i>	40 mm
<i>Weight</i>	0.2 kg



Gambar 1. Motor DC

(Sumber: Prayitno, Hendrik. 2017. "Penentuan Efisiensi Motor DC Menggunakan Mikrokontroler Atmega 328")

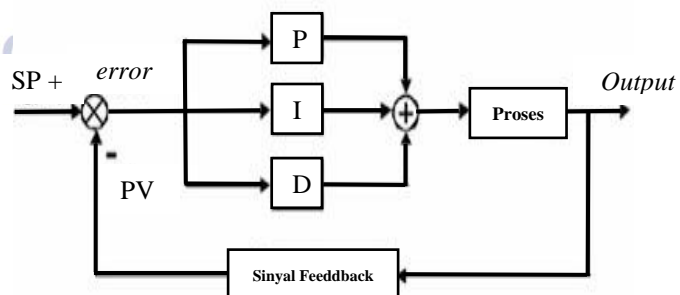
Motor Listrik DC atau DC Motor adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan. Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakkannya. (Kho Dickson, 2018)

IOT (*Internet Of Things*)

Internet Of Things merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata. Pada akhirnya, dipilih sistem *Internet Of Things* (IOT) yaitu sistem yang tidak hanya mampu mengurangi biaya pemeliharaan tapi juga bisa digunakan untuk perangkat keras/hardware dengan modul WiFi yang tertanam untuk berkomunikasi dengan server yang disediakan oleh para pengembang serta meningkatkan efisiensi (Win, Hlaing. 2017).

Kontroler PID

Sistem Kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative controller*) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (*Feed back*). Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran *system* terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan (Arindya, Radita. 2017).



Gambar 2. Diagram blok sistem control PID

(Sumber: Arindya, Radita. 2017. "Penalaan kendali PID untuk pengendali proses")

Analitik Sistem Ordo 2

Sistem orde dua mempunyai fungsi alih dengan pangkat s tertinggi dua, respon sistem ini didapatkan dengan mengamati respon sistem orde kedua terhadap sinyal uji *step*. Desain parameter kontroler PID didapatkan melalui metode analitik untuk mencari nilai parameter K_p , K_i dan K_d sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} \quad (1)$$

$$C(\tau) = 0,632 \times Y_{ss} \quad (2)$$

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (3)$$

$$\tau^* = \tau \times \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$K_p = \frac{\tau}{\tau^* \times K} \quad (5)$$

$$K_i = \frac{K_p}{\tau} \quad (6)$$

$$K_d = K_p \times \tau^* \quad (7)$$

Keterangan :

Y_{ss} = Rata-rata pada data

X_{ss} = *Setpoint*

$G(s)$ = Fungsi Alih

τ^* = Waktu yang diinginkan (s)

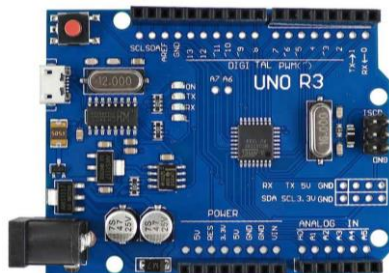
K_p = Konstanta *Proporsional*

K_i = Konstanta *Integral*

K_d = Konstanta *Derivatif*

Arduino Uno R3

Arduino adalah *platform* pembuatan pro elektrik yang bersifat *open source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino Uno R3 memiliki 14 digital *input/output* (6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *analog input*, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah konektor USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah ICSP *header* dan tombol *reset*. (Hidayati, Qory. 2015).

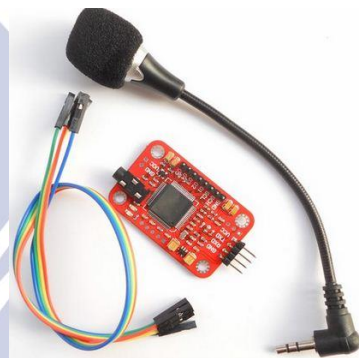


Gambar 3. Arduino Uno R3

(Sumber: Hidayati, Qory. 2015. "Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler")

Sensor Voice Recognition

Voice Recognition adalah suatu sistem yang dapat mengidentifikasi seseorang melalui suaranya, *voice recognition* dan juga *Speech Recognition* yang hampir sama secara fungsinya. *Voice Recognition* mengidentifikasi siapa yang berbicara. Modul ini tidak akan mengubah perintah menjadi teks tetapi akan membandingkannya dengan set suara yang sudah direkam. Modul dapat merekam perintah suara dalam bahasa apapun dapat direkam dan digunakan sebagai perintah. Perangkat bekerja pada kisaran tegangan *input* 4,5 – 5 volt dan akan menarik arus kurang dari 40 mA. Modul ini dapat bekerja dengan akurasi pengenalan 99% jika digunakan dalam kondisi ideal (Liona, Muthia Pratiwi. 2017).



Gambar 4. Sensor Voice Recognition

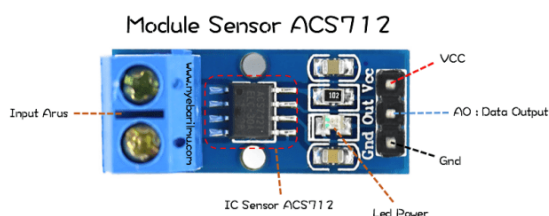
(Sumber: Liona, Muthia Pratiwi. 2017. "Analisis Voice Recognition dengan menggunakan metode *Discrete Cosine Transform* (DCT)")

Sensor Arus ACS712

ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna sebagai sensor arus menggantikan *transformator* arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor efek *hall* lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Keluaran dari sensor ini masih berupa sinyal tegangan AC, agar dapat diolah oleh mikrokontroler maka sinyal tegangan AC ini di searahkan oleh rangkaian penyearah. Spesifikasi dari sensor arus dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Spesifikasi Sensor Arus ACS712

Karakteristik	Symbol	Rating Maksimal
Tegangan Suplai	Vcc	8 V
Output Tegangan	Vout	8 V
Toleransi Arus lebih	Ip	100 A
Sensivitas		Tipe 5 T= 185 mV/A
		Tipe 20 T= 100 mV/A
		Tipe 30 T= 66 mV/A



Gambar 4. Sensor Arus ACS712

(Sumber: Fitriyandi, Afrizal. 2016. "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway")

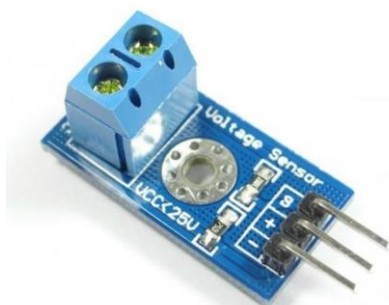


Gambar 6. Rotary Encoder

(Sumber : Maja, Hendri Saputra. 2016. "Rancang bangun umpan balik eksternal untuk kendali sudut motor servo berbasis Arduino")

Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika *range* tegangan yang dibaca diantara 0-5 V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika *range* tegangan yang dibaca >5V harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin arduino bekerja pada maksimal 5V (Fitriyandi, Afrizal. 2016).



Gambar 5. Sensor tegangan

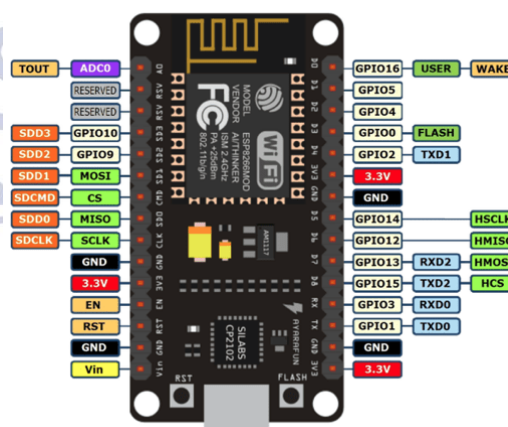
(Sumber: Fitriyandi, Afrizal. 2016. "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway")

NodeMCU

NodeMcu merupakan sebuah opensource *platform* IOT dan pengembangan Kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu *programmer* dalam membuat prototype produk IoT atau bisa dengan memakai sketch dengan arduino IDE. Pengembangan Kit ini didasarkan pada modul ESP8266, yang mengintegrasikan GPIO, PWM (*Pulse Width Modulation*), IIC, 1-Wire dan ADC (*Analog to Digital Converter*) semua dalam satu board. Penggunaan NodeMcu lebih menguntungkan dari segi biaya maupun efisiensi tempat, karena NodeMcu yang ukurannya kecil, lebih praktis dan harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan Arduino Uno. Arduino Uno sendiri merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang banyak diminati dan memiliki bahasa pemrograman C++ sama seperti NodeMcu, namun Arduino Uno belum memiliki modul wifi dan belum berbasis IoT. Untuk dapat menggunakan wifi Arduino Uno memerlukan perangkat tambahan berupa *wifi shield* (Arafat. 2016).

Rotary Encoder

Rotary incremental encoder jenis omron dengan tegangan 12 Volt DC. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary incremental encoder* tersebut. Pada *Rotary Encoder* terdapat LED dimana ditempatkan disalah satu sisi piringan yang kemudian cahaya akan menuju piringan, disisi lainnya terdapat *photo-transistor* sehingga *photo-transistor* ini dapat mendeteksi cahaya yang ada dipancarkan oleh LED. Dimana piringan tipis dihubungkan dengan poros motor, atau perangkat berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai *photo-transistor* melalui lubang-lubang yang ada, maka *photo-transistor* akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi (Maja, Hendri Saputra. 2016).



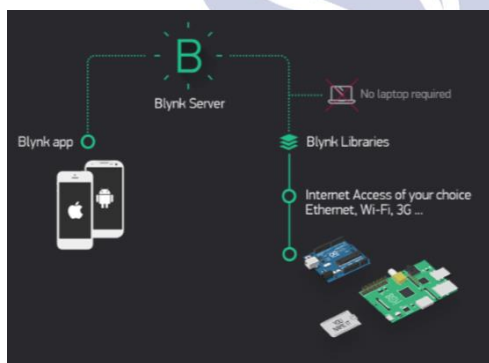
Gambar 7. NodeMCU

(Sumber: Arafat. 2016. "Sistem Pengaman Rumah berbasis IoT dengan ESP8266")

Blynk

Blynk adalah *platform* baru yang memungkinkan anda untuk dengan cepat membangun interface untuk

mengendalikan dan memantau proyek hardware dari iOS dan perangkat Android. Setelah men-download aplikasi Blynk, kita dapat membuat *dashboard* proyek dan mengatur tombol, slider, grafik, dan widget lainnya ke layar. Menggunakan *widget*, dapat mengaktifkan pin dan mematikan atau menampilkan data dari sensor. *Blynk* sangat cocok untuk antarmuka dengan proyek-proyek sederhana seperti pemantauan suhu atau menyalakan lampu dan mematikan dari jarak jauh. *Blynk* adalah *Internet Of Things* (IOT) yang dirancang untuk membuat *remote control* dan data sensor membaca dari perangkat arduino ataupun esp8266 dengan cepat dan mudah. *Blynk* bukan hanya sebagai "cloud IOT", tetapi *blynk* merupakan solusi *end-to-end* yang menghemat waktu dan sumber daya ketika membangun sebuah aplikasi yang berarti bagi produk dan jasa terkoneksi. Salah satu masalah yang dapat menimbulkan masalah bagi yang belum tahu adalah *coding* dan jaringan. *Blynk* bertujuan untuk menghapus kebutuhan untuk *coding* yang sangat panjang, dan membuatnya mudah untuk mengakses perangkat kita dari mana saja melalui *smartphone*. *Blynk* adalah aplikasi gratis untuk digunakan para penggemar dan *developer* aplikasi, meskipun juga tersedia untuk digunakan secara komersial (Arafat. 2016).



Gambar 8. Blynk server

(Sumber: Arafat. 2016. "Sistem Pengaman Rumah berbasis IoT dengan ESP8266")

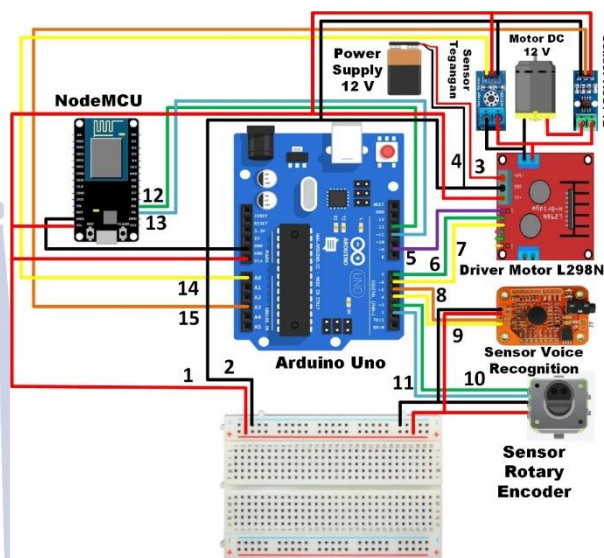
METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu melibatkan perhitungan angka atau kuantifikasi data. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran dengan menggunakan alat yang objektif dan baku. Menurut Sugiyono (2015:13). Jenis pendekatan kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah sebagai sebuah atau sekumpulan percobaan yang dilakukan melalui perubahan-perubahan terencana terhadap variabel input suatu proses atau sistem sehingga dapat ditelusuri penyebab dan faktor-faktor sehingga membawa perubahan pada output sebagai respon dari eksperimen yang telah dilakukan.

Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* merupakan proses desain bagian-bagian penyusun dari sistem pengaturan kecepatan motor DC. Bagian tersebut meliputi komponen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Motor DC, NodeMCU, *Voice Recognition*, Sensor *Rotary Encoder*, Sensor ACS712, Sensor Tegangan dan *Driver Motor* L298N.



Gambar 9. Skema Rangkaian Hardware

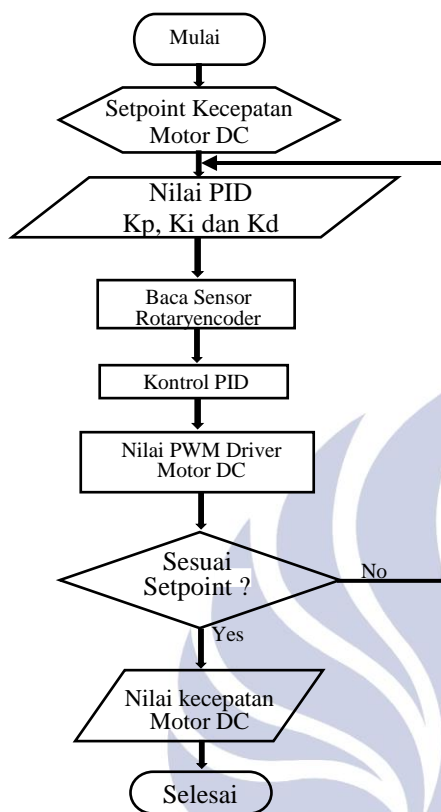
Keterangan :

1. Kabel Sumber 5V dari *Driver Motor* L298N
2. Kabel Sumber Negatif dari *Driver Motor* L298N
3. Kabel Sumber 12V dari *Power Supply*
4. Kabel Sumber Negatif dari *Power Supply*
5. Kabel EnA dari *Driver Motor* L298N
6. Kabel In1 dari *Driver Motor* L298N
7. Kabel In2 dari *Driver Motor* L298N
8. Kabel RX dari *Voice Recognition*
9. Kabel TX dari *Voice Recognition*
10. Kabel enB dari *Rotary Encoder*
11. Kabel enA dari *Rotary Encoder*
12. Kabel RX dari NodeMCU
13. Kabel TX dari NodeMCU
14. Kabel Input Analog dari Sensor Tegangan
15. Kabel Input Analog dari Sensor Arus

Perancangan Software

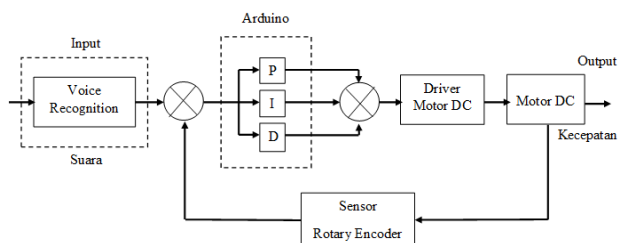
Gambaran umum jalannya program adalah pembaca nilai kecepatan. Dan membandingkannya dengan nilai referensi (*setpoint*), kemudian Pada *flowchart* tersebut dapat diketahui bahwa sistem pengaturan kecepatan motor ini memiliki kemampuan untuk terus menyesuaikan kondisi sistem. Sebagai masukan sistem, *setpoint* akan diberikan pada pengendali PID. *Setpoint* dalam hal ini merupakan kecepatan yang

akan disesuaikan sehingga saat kecepatannya sudah mencapai posisi tersebut, dapat dikatakan bahwa sistem telah mencapai keadaan tunak.



Gambar 10. Flowchart Software

Pada gambar 11 merupakan diagram blok sistem kendali pada proses pengendalian kecepatan Motor DC. Nilai masukan (*Setpoint*) sistem berupa kecepatan. Kontroler PID akan diproses pada Arduino yang nantinya akan mengatur kecepatan pada motor. Hasil dari keluaran kontroler berupa tegangan yang akan masuk ke driver motor. *Driver* motor akan mengatur arah putar dan kecepatan motor DC. Sensor *rotary encoder* akan bekerja untuk mengukur kecepatan motor DC kemudian menjadikan nilai pembacaan sebagai nilai umpan balik pada keluaran yang dihasilkan berupa kecepatan.



Gambar 11. Diagram Blok Sistem Kendali PID Kecepatan Motor DC menggunakan perintah suara

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas Pengujian dan analisis penelitian meliputi Pengujian setiap sensor, Pembahasan Kinerja Sistem dan Hasil pengujian seluruh sistem.

Pengujian Sensor *Voice Recognition*

Pengujian sensor suara dilakukan dengan menyambungkan pin pada sensor *Voice Recognition* yaitu pin VCC, GND, TX dan RX. Pin VCC mendapat tegangan 5 V dari arduino dan pin GND disambungkan dengan GND pada arduino. Pengujian Sensor suara *voice recognition* terbagi 2 macam pengujian, yaitu pengujian sensor pada kondisi lingkungan ideal dan pengujian sensor pada kondisi lingkungan tidak ideal. Tabel pengambilan data pengujian dengan kondisi lingkungan ideal dan pengujian dengan kondisi lingkungan tidak ideal dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4. Pada jarak $\pm 2,5$ meter sensor *voice recognition* tidak dapat di bekerja dengan baik.

Tabel 3. Pengujian saat kondisi lingkungan ideal

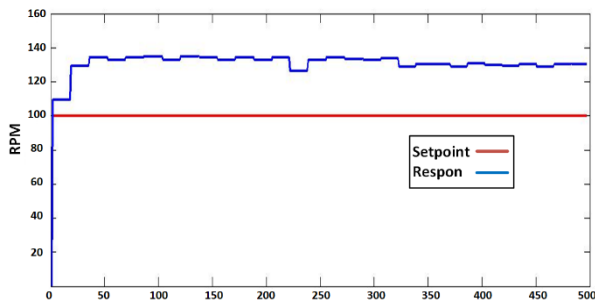
Kata-kata masukkan	Jumlah Pengujian	Keberhasilan	Keberhasilan Jarak 2,5 m
Do	10	90%	20%
Re	10	100%	0%
Mi	10	90%	10%
Fa	10	90%	0%

Tabel 4. Pengujian saat kondisi lingkungan tidak ideal

Kata-kata masukkan	Jumlah Pengujian	Keberhasilan	Keberhasilan Jarak 2,5 m
Do	10	70%	0%
Re	10	60%	0%
Mi	10	70%	0%
Fa	10	50%	0%

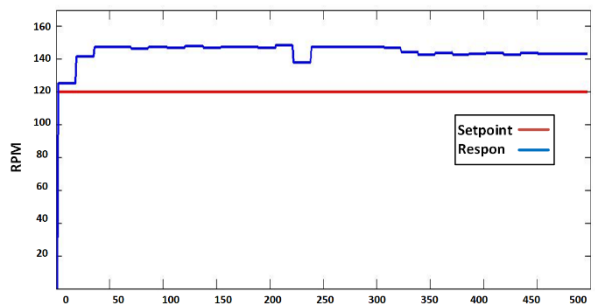
Pemodelan Sistem tanpa Kontroler

Pada skripsi ini dilakukan pemodelan dengan 4 *setpoint* pada kecepatan yang berbeda, yaitu 100 Rpm, 120 Rpm, 140 Rpm, dan 160 Rpm. Berikut grafik yang diambil dari setiap setpoint tanpa kontroller menggunakan aplikasi PLX-DAQ yang di aplikasikan pada Microsoft Excel. Grafik *setpoint* 100, 120, 140, dan 160 tanpa kontroler.



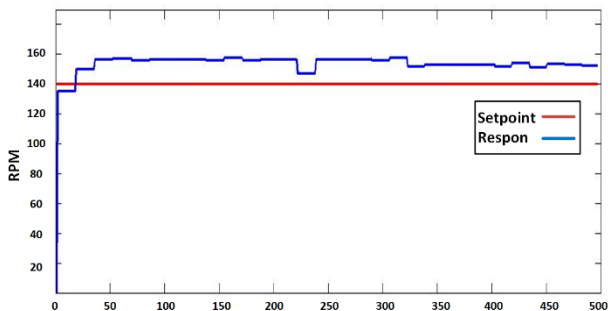
Gambar 12. Grafik respon setpoint 100

Pada gambar 12 grafik respon Setpoint 100 berarti kecepatan yang diharapkan mendekati pada 100 RPM. Pengambilan data melalui aplikasi PLX-DAQ didapatkan hasil grafik kecepatan masih jauh diatas 100 RPM.



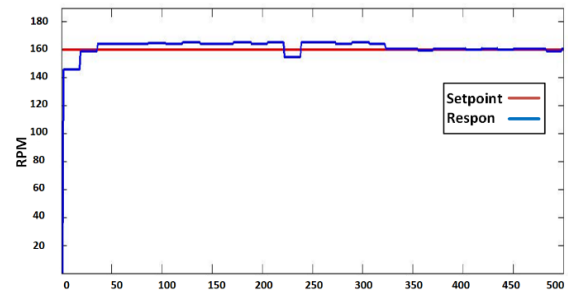
Gambar 13. Grafik Respon Setpoint 120

Pada gambar 13 grafik respon Setpoint 120 berarti kecepatan yang diharapkan mendekati pada 120 RPM. Pengambilan data melalui aplikasi PLX-DAQ didapatkan hasil grafik kecepatan masih jauh diatas 120 RPM.



Gambar 14. Grafik Respon Setpoint 140

Pada gambar 14 Setpoint 140 berarti kecepatan yang diharapkan mendekati pada 140 RPM. Pengambilan data melalui aplikasi PLX-DAQ didapatkan hasil grafik kecepatan masih jauh diatas 140 RPM.



Gambar 15. Grafik Respon Setpoint 160

Pada Setpoint 160 berarti kecepatan yang diharapkan mendekati pada 160 RPM. Pengambilan data melalui aplikasi PLX-DAQ didapatkan hasil grafik kecepatan mendekati 160 RPM.

Diketahui bahwa grafik tanpa kontroller pada gambar 14 hampir mendekati setpoint. Mencari nilai K dan τ pada setpoint 160 Rpm dengan menggunakan persamaan (1), persamaan (2), dan persamaan (3) sebagai berikut:

$$Y_{ss} = 161,7401$$

$$X_{ss} = 160$$

$$K = \frac{161,7401}{160} = 1,0108755$$

$$C(\tau) = 0,632 \times 161,7401 = 102,2197306$$

$$\tau = 0,778837482$$

Maka didapatkan fungsi alih dengan setpoint 160 Rpm, yaitu:

$$G(s) = \frac{1,0108755}{0,778837482s+1}$$

Perancangan PID Kontroler

Setelah didapatkan fungsi alih plant, selanjutnya adalah menentukan nilai parameter PID yaitu nilai K_p , K_i , dan K_d menggunakan metode Analitik sebelum diaplikasikan pada *plant* (motor) dengan menggunakan persamaan (4), persamaan (5), persamaan (6) dan persamaan (7) maka:

$$\tau^* = 0,778837482 \times \frac{1}{2} = 0,389418741$$

$$K_p = \frac{0,778837482}{0,389418741 \times 1,0108755} = 2,021751$$

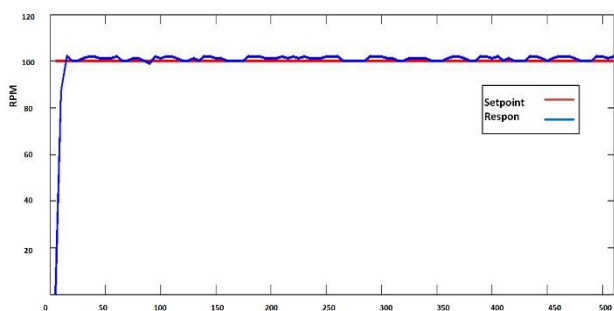
$$K_i = \frac{2,021751}{0,778837482} = 2,595857347$$

$$K_d = 2,021751 \times 0,389418741 = 0,7873077$$

Implementasi PID terhadap Plant

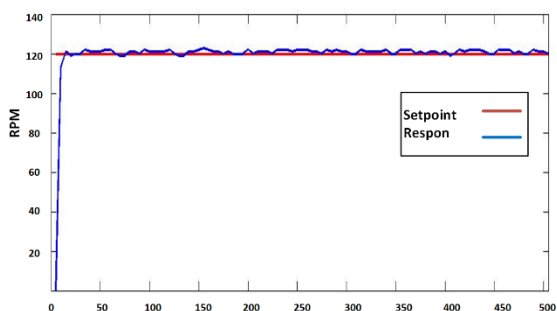
Setelah mendapatkan nilai parameter PID, nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam program arduino untuk diimplementasikan pada *plant system* dengan *setpoint* yang ditentukan dan dilakukan pengujian terhadap gangguan berupa beban. Berikut adalah hasil respon tersebut

Grafik respon implementasi PID *setpoint* 100 Rpm. Setelah dimasukkan kontroller PID pada *setpoint* 100. Dan pengambilan data melalui aplikasi PLX-DAQ didapatkan hasil grafik kecepatan mendekati kecepatan 100 RPM.



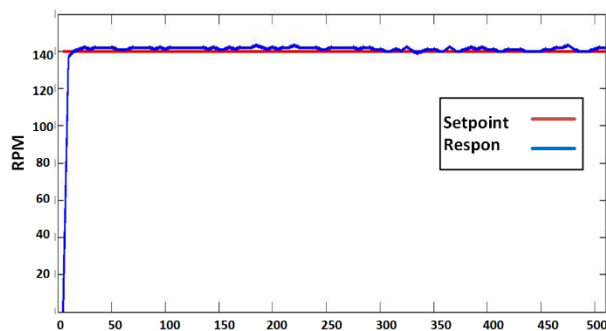
Gambar 16. Respon PID Setpoint 100

Pada grafik respon implementasi PID *setpoint* 120 Rpm. Setelah dimasukkan *kontroller* PID pada *setpoint* 120. Dan pengambilan data melalui aplikasi PLX-DAQ didapatkan hasil grafik kecepatan mendekati kecepatan 120 RPM.



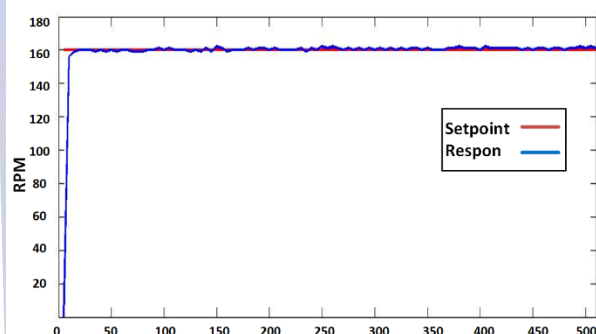
Gambar 17. Respon PID Setpoint 120

Grafik respon implementasi PID *setpoint* 140 Rpm. Setelah dimasukkan kontroller PID pada *setpoint* 140. Dan pengambilan data melalui aplikasi PLX-DAQ didapatkan hasil grafik kecepatan mendekati kecepatan 140 RPM.



Gambar 18. Respon PID Setpoint 140

Grafik respon implementasi PID *setpoint* 160 Rpm. Setelah dimasukkan *kontroller* PID pada *setpoint* 160. Dan pengambilan data melalui aplikasi PLX-DAQ didapatkan hasil grafik kecepatan mendekati kecepatan 160 RPM.



Gambar 19. Respon PID Setpoint 140

Hasil Pengujian Seluruh Sistem

Dalam pengambilan data keseluruhan alat digunakan berbagai alat ukur. Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui *error* dari hasil pembacaan sensor dan hasil pembacaan alat ukur. Hasil pembacaan seluruh sistem dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5. Pengujian hasil prmbacaan sensor

Setpoint (RPM)	Hasil Pembacaan Sensor		
	Kecepatan Putar (RPM)	Arus (mA)	Tegangan (V)
100	101,43	152	11,34
120	120,64	152	11,31
140	139,67	153	11,3
160	161,84	153	11,22

Tabel 6. Pengujian hasil pembacaan alat ukur

Setpoint (RPM)	Hasil Pembacaan Alat Ukur		
	Kecepatan Putar (RPM)	Arus (mA)	Tegangan (V)
100	100,4	147,4	11,07
120	122,2	149,5	11,16
140	142	150,4	11,18
160	161,9	154,6	11,09

Setelah diketahui hasil pembacaan alat ukur dan pembacaan sensor dapat diketahui *error* dari pembacaan tersebut. *Error* pembacaan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. *Error* pembacaan seluruh sistem

Setpoint (RPM)	Error (%)		
	Kecepatan Putar	Arus	Tegangan
100	1,02	3,12	2,43
120	1,27	1,67	1,34
140	1,64	1,72	1,07
160	0,03	1,03	1,17

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan data hasil yang telah diperoleh dan setelah dilakukan analisis, maka didapatkan kesimpulan yaitu cara merancang dan membuat alat pengendalian kecepatan Motor DC dengan PID menggunakan perintah suara dan monitoring berbasis *internet of things* (IOT) dimulai dengan mendesain *hardware* menggunakan bahan akrilik dilanjutkan dengan pemasangan komponen-komponen berupa sensor *rotary encoder*, sensor arus ACS712, sensor tegangan, sensor *voice recognition*, NodeMCU, driver motor L298N dan dihubungkan pada Arduino.

Desain sistem *monitoing* kecepatan putar, arus lebih, dan suhu motor DC menggunakan aplikasi *Blynk* yang terdapat di *Play Store* sebagai *software* pengolah data, *input*, dan menampilkan hasil *monitoring* serta arduino sebagai mikrokontroler yang menerima pembacaan dari sensor-sensor yang kemudian dikirim ke operator menggunakan NodeMCU.

Hasil pembacaan dengan nilai parameter PID yang didapatkan melalui metode Analitik adalah $K_p=2,021751$ $K_i=2,595857347$, dan $K_d=0,7873077$ menghasilkan kecepatan putar, arus dan tegangan pada setpoint 100 memiliki error rerata berurutan 1,02%, 3,12%, 2,43%. Pada setpoint 120 memiliki error rerata berurutan 1,27%, 1,67%, 1,34%. Pada setpoint 140 memiliki error rerata berurutan 1,64%, 1,72%, 1,07%. Dan pada setpoint 160 memiliki error rerata berurutan 0,03%, 1,03%, 1,17%.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian, ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem agar didapatkan hasil yang lebih maksimal yaitu Hasil sensor *Voice Recognition* tidak cukup baik jika digunakan dalam keadaan tidak ideal, sehingga dapat digunakan sensor suara yang lainnya.

Hasil pembacaan arus masih memiliki *error* yang tinggi diakarenakan arus pada motor DC yang fluktuatif, sehingga bisa digunakan rangkaian filter untuk menstabilkan arus.

Pada sensor tegangan masih memiliki data yang naik turun, sehingga bisa digunakan sensor tegangan lainnya seperti ZMPT101B.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafat, 2016. *Sistem Pengamanan Pintu Rumah Berbasis Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266*. Indonesia, Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Arindya, Radita. 2017. *Penalaan kendali PID untuk pengendali proses*. Indonesia, Universitas Mercu Buana.
- Fitriandi, Afrizal. 2016. *Rancang Bangun alat monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler dengan SMS Gateway*. Indonesia, Bandar Lampung, Universitas Lampung.
- Hidayati, Qory. 2015. *Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535*. Indonesia, Balikpapan: Politeknik Negeri Balikpapan.
- Imario, Anjar. 2017. *Uji Validasi Suara Berbasis Pengenalan Suara (Voicerecognition) Menggunakan Easy VR 3.0*. Bandung: Universitas Telkom.
- Kho, Dickson. 2018. *Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya*, (<https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/>), Diakses pada tanggal 3 Februari 2019, pukul 19.27)
- Liona, Muthia Pratiwi. 2017. *Analisis Voice Recognition dengan menggunakan metode Discrete Cosine Transform (DCT)*. Indonesia, Riau, Politeknik Caltex Riau.
- Maja, Hendri Saputra. 2016. *Rancang bangun umpan balik eksternal untuk kendali sudut motor servo berbasis Arduino*. Indonesia, Riau, Politeknik Caltex Riau.
- Win, Hlaing. 2017. *Implementation of WiFi-based single phase smart meter for Internet of Things (IoT)*. Thailand, Bangkok: University of Technology North Bangkok.