

RANCANG BANGUN DRIVER MOTOR DC OPERASI 4 KUADRAN (STARTING, BRAKING, STOPPING, REVERSING)

Robin Sutrisno, Yulianto, Tarmukan
Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Malang
Jalan Soekarno Hatta

Abstrak - Rancang Bangun Driver Motor Dc Operasi 4 Kuadran adalah sebuah modul pembelajaran yang digunakan dalam aktivitas pembelajaran system kendali dan mesin-mesin listrik. Dengan menggunakan driver full bridge yang efektif digunakan dalam pengaturan putaran motor dc serta pengeremannya. Kontrol motor dc ini operasi 4 kuadran dapat menjaga arus dan putaran motor dc tetap pada kondisi stabil ketika dibebani sampai puncak maksimal beban. Metode control yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Zieger Nichols* yang ditanamkan pada program untuk mengontrol motor dc yang mendapat umpan balik dari sensor kecepatan. Agar kecepatan tetap stabil walaupun motor dc terbebani. Dari hasil pengujian untuk kestabilan motor dc dengan *setpoint* 65 didapatkan nilai parameter PI dengan metode *Zieger Nichols* adalah $K_p = 8$ dan $K_I = 3$ yang mampu menjaga kestabilan motor dc.

Kata Kunci – Kontrol PID *Zieger Nichlos*, Driver Full Bridge, Motor DC Penguat Terpisah.

Robin Sutrisno adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: robinsutrisno.rs@gmail.com

Yulianto adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

Tarmukan adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

I. PENDAHULUAN

Dengan ditunjuknya Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional, maka perlu dilakukan peningkatan kualitas sarana modul praktikum, sebagai salah satu penunjang mutu kelulusan dalam bidang pembelajaran. Elektronika daya dan sistem kendali telah ditetapkan sebagai salah satu mata kuliah yang harus ditempuh oleh mahasiswa D-IV Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Elektro Politeknik Negeri Malang untuk itu diperlukan unit modul praktikum yang praktis dengan keadaan yang baik. Modul Rancang Bangun Driver Motor Dc Operasi 4 Kuadran ini ditujukan kepada mahasiswa, sehingga dalam pelaksanaan pembelajaran dapat berjalan dengan baik dan menghemat waktu. Selain itu, dengan adanya modul ini dapat membantu mengurangi terjadinya kerusakan *power supply* yang ada di Laboratorium. Karena *power supply* yang digunakan untuk menyuplai tegangan dan arus pada Motor Dc tidak sesuai dengan tegangan dan arus yang dimiliki oleh *power supply* tersebut. Selain untuk penerapan pada modul ini, driver dan motor dc juga banyak digunakan dalam dunia industri baik dalam skala besar mau kecil. Oleh karena itu modul ini dapat memberikan alternatif pembelajaran sebagai penyuplai tegangan dan arus yang memenuhi standarisasi dalam pengoperasian Motor Dc tersebut.

Dengan adanya modul Rancang Bangun Driver Motor Dc Operasi 4 Kuadran ini diharapkan dapat membantu para dosen Politeknik Negeri Malang khususnya Program Studi Teknik Elektronika dalam memberikan materi mesin-mesin listrik dan sistem kendali dan mahasiswa dapat memahami materi dengan baik dan benar sehingga dapat memperlancar aktivitas praktikum yang sedang berlangsung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. PID (Proportional Integral Derivative)

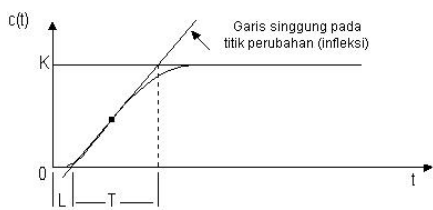
Pada penelitian ini menggunakan metode mengendalikan berupa PID *controller*. Untuk

menerapkan metode PID Dilakukan dengan beberapa langkah yaitu:

- Mendapatkan respon system *plant* tanpa kontroler.
 - *Tuning* nilai parameter K_p , K_i , dan K_d .
 - Menerapkan nilai parameter PID pada *plant*.
- Salah satu metode tuning yang dapat digunakan adalah metode kurva zieger Nichols yang dirumuskan dengan:

a. Metode Kurva Reaksi

Metode ini didasarkan terhadap reaksi system untaiian terbuka. Plant sebagai untaiian terbuka dikeani sinyal fungsi tangga satuan. Kalau plant minimal tidak mengandung unsur integrator atau pun pole-pole kompleks, reaksi system akan berbentuk S.



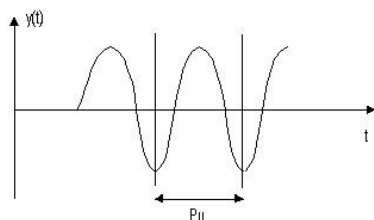
Gambar 1 Kurva Respon Bentuk S[1]

Tabel 2 Penyetelan Parameter PID Dengan Metode Kurva Reaksi[2]

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	T/L	\sim	0
PI	$0.9 T/L$	$L/0.3$	0
PID	$1.2 T/L$	$2L$	$0.5L$

b. Metode Osilasi

Metode ini didasarkan pada reaksi sistem untaiian tertutup. Plant disusun serial dengan kontroler PID. Semula parameter parameter integrator disetel tak berhingga dan parameter diferensial disetel nol ($T_i = \sim ; T_d = 0$). Parameter proporsional kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem berosilasi.



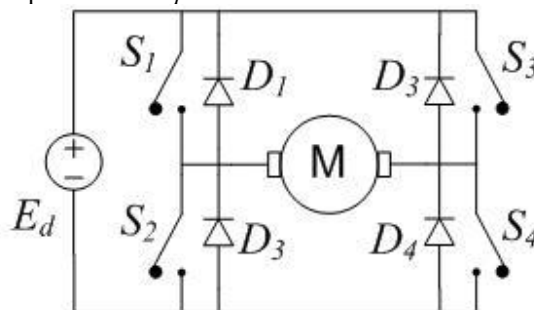
Gambar 3 Kurva Respon Sustain Osilasi[1]

Tabel 4 Penyetelan Parameter PID Dengan Metode Osilasi[1]

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_u$		
PI	$0.45 K_u$	$1/2 P_u$	
PID	$0.6 K_u$	$0.5 P_u$	$0.125 P_u$

2. Driver Full Bridge

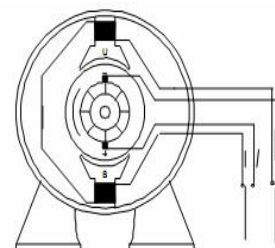
Driver full bridge adalah driver yang dapat bekerja secara *bidirectional* baik arus maupun tegangan kerjanya, sehingga sangat cocok untuk aplikasi kendali motor yang membutuhkan kecepatan dan *torque* dalam dua arah.



Gambar 5 Driver Full Bridge

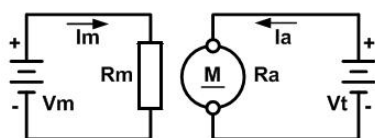
3. Motor Dc Penguat Terpisah

Motor DC penguat terpisah merupakan salah satu dari jenis motor DC yang dapat menambah kemampuan daya dan kecepatan karena memiliki fluks medan (Φ) yang dihasilkan oleh kumparan medan, yang terletak secara terpisah dan mempunyai sumber pembangkit tersendiri berupa tegangan DC.



Gambar 6 Motor DC Penguat Terpisah

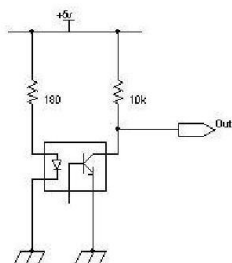
Motor jenis ini mempunyai kumparan medan yang disuplai oleh sumber lain yang bebas dan tidak bergantung pada beban atau tegangan drop didalam jangkar, kecepatan praktis tetap pada seluruh range beban.



Gambar 7 Skema Rangkaian Motor DC Penguat Terpisah

4. Sensor Rotary Encoder

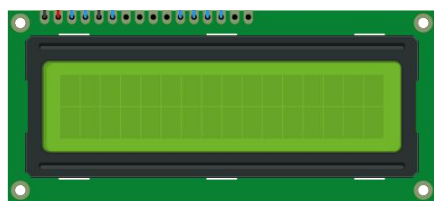
Rotary Encoder Adalah devais elektromekanik yang dapat memonitoring gerakan dan posisi. Rotary Encoder umumnya menggunakan sensor optic untuk menghasilkan serial pulsa yang diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary encoder untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. Rotary Encoder umumnya digunakan untuk pengendalian robot, motor drive, dan sebagainya.



Gambar 8 Rangkaian Tipikal Penghasil Pulsa Pada Rotary Encoder

5. LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (liquid Crystal Display) adalah sebuah lat yang berfungsi untuk menampilkan huruf, angka, symbol-simbol atau karakter-karakter tertentu. Tipe LCD yang digunakan adalah LCD 16x2 (16 kolom 2 baris).



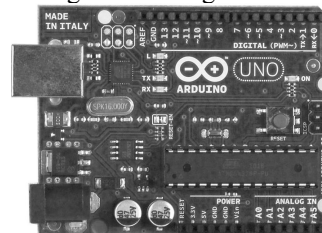
Gambar 9 Modul Display LCD Line 16x2

LCD digunakan sebagai alat penampil pembacaan sensor kecepatan pada motor. Dalam pengoperasian LCD ada 3 buah line control, yaitu RS, Line RW, dan line EN, jika LCD dioperasikan sebagai mode 8 bit diperlukan 11 line (3 line control dan 8 data bus).

6. Arduino Uno

Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz,

koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler.



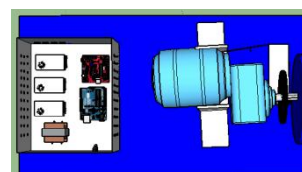
Gambar 10 Arduino Uno R3

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi ini, akan dijelaskan mengenai perancangan keseluruhan system yang terdiri dari tiga tahapan yaitu, perancangan mekanik, perancangan elektrik, dan perancangan control.

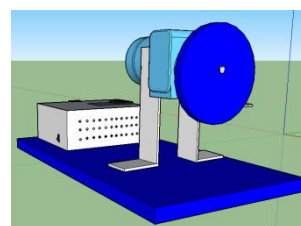
1. Perancangan Mekanik

Landasar terbuat dari kayu papan yang tebal dengan ukuran 60 cm x 37 cm



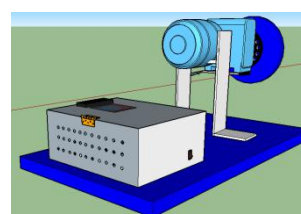
Gambar 11 Bentuk HardwareTampak Dalam

Selain itu box terbuat dari stainless dengan ukuran panjang dan lebar 30 cm x 30 cm. Dalam box tersebut terdapat lubang untuk ventilasi udara agar tetap dapat menjaga komponen pada suhu normal.

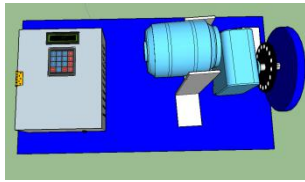


Gambar 12 Bentuk Hardware Tampak Samping Kanan

Terdapat juga tempat motor dc dengan tinggi 25,5 cm dan lebar 3,5 cm. Beban motor dc berupa roda gila yang beratnya ± 1,5 Kg.



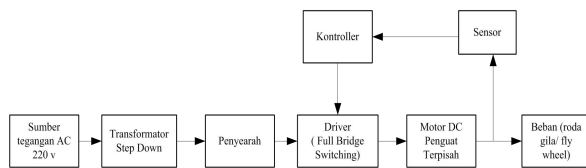
Gambar 13 Bentuk Hardware Tampak Samping Kiri



Gambar 14 Bentuk Hardware Tampak Atas

2. Blok Diagram Perancangan Sistem

Didalam perancangan dan pembuatan suatu alat, terdapat komponen-komponen utama ataupun pendukung, sehingga perlu digambarkan dengan blok diagram.



Gambar 15 Blok Diagram Perancangan Sistem

Dari gambar dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing blok sebagai berikut:

- 1) Transformator *step down* yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik tinggi menjadi rendah, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak daripada lilitan kumparan sekunder ($N_s < N_p$).
- 2) Rectifier atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Penyearah Gelombang adalah suatu bagian dari Rangkaian Catu Daya atau Power Supply yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (Alternating Current) menjadi sinyal DC (Direct Current).
- 3) *Driver (Full Bridge Switching)* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah suatu tegangan searah dengan nilainya dapat ditingkatkan atau diturunkan.
- 4) Motor Dc Penguat Terpisah merupakan salah satu jenis motor dc yang dapat menambah kemampuan daya dan kecepatan karena memiliki fluks medan yang dihasilkan oleh kumparan medan, yang terletak secara terpisah dan mempunyai sumber.
- 5) Beban/flywheel adalah perangkat mekanik berputar yang digunakan untuk menyimpan energy. Flywheel memiliki momen inersia yang signifikan, dan dengan demikian menahan perubahan kecepatan rotasi.
- 6) Sensor kecepatan atau velocity sensor merupakan suatu sensor yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan gerak benda untuk selanjutnya diubah kedalam bentuk sinyal elektrik. Kontroller
- 7) Arduino Uno Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pegolah data dari system.

Selain itu Arduino Uno juga digunakan sebagai pengendalian kecepatan motor berdasarkan nilai yang diberikan oleh control PID.

3. Spesifikasi

Spesifikasi hardware dalam perancangan alat ini terdiri dari spesifikasi elektronik dan spesifikasi mekanik.

❖ Spesifikasi Mekanik

1. Dimensi

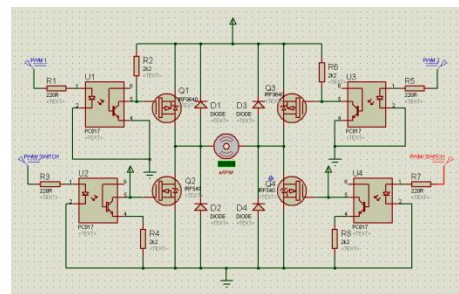
- Panjang = ± 60 cm
- Lebar = ± 37 cm
- Tinggi = ± 28 cm
- Berat = ±
- Bahan = Papan Kayu dan Plat Aluminium

2. Spesifikasi Elektronik

- Full Bridge Driver = 12 V, 1 A
- Power Supply = 9 V dan 12 V, 1 A

4. Perancangan Driver Full Bridge, Power Supply, dan Rotary Encoder

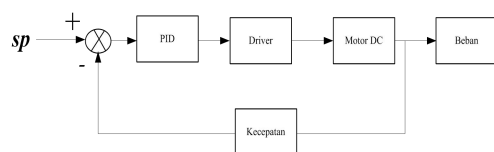
Pada perancangan system ini, dibutuhkan sebuah driver full bridge sebagai kendali putaran motor dc beserta pengeremannya. Setelah melakukan percobaan driver dengan spesifikasi yang diharapkan. Dengan tegangan 12 Volt dan arus kurang lebih 1 A, elektronika daya sebagai pendukung kendali motor.



Gambar 16 Driver Full Bridge

Selain itu juga terdapat perancangan power supply dengan tegangan 12 Volt 1 A. berfungsi sebagai sumber tegangan jangkar dan tegangan medan pada motor.

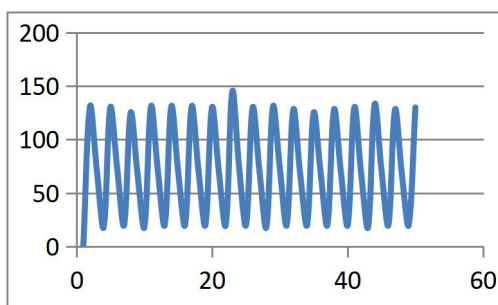
5. Perancangan PID



Gambar 17 Blok Diagram Kontroler PID

Diagram blok untuk control motor ini diawali dengan menentukan nilai setpoint berupa kecepatan motor dc. Nilai setpoint digunakan sebagai nilai acuan system dan disimpan dalam kontroler arduino Uno. Kemudian kontroler memberikan pulsa PWM sebagai masukan driver menyebabkan motor berputar hingga kecepatan yang sesuai dengan nilai setpoint yang diberikan. Perubahan kecepatan motor dapat diketahui dari penggunaan sensor kecepatan. Data yang diterima mikrokontroler arduino uno dari sensor kecepatan berupa pulsa digital. Kemudian data dari sensor dan PID akan diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno menjadi nilai umpan balik sistem yang digunakan sebagai pembanding nilai setpoint motor dc.

Langkah – langkah yang digunakan tuning PID adalah sebagai berikut. Dimulai dengan memberikan nilai 0 pada parameter Ti dan Td. Kemudian beri nilai Kp sedikit demi sedikit hingga system mendapatkan nilai yang berkesinambungan. Grafik yang dimaksud dengan kesinambungan adalah kondisi grafik yang memiliki nilai amplitude yang sama besar disetiap priodeny. Langkah berikutnya menghitung nilai Kcr dan Pcr. Nilai Kcr adalah nilai Kp sedangkan Pcr adalah nilai priode, kedua nilai diambil dari grafik pada saat terjadi osilasi yang berkesinambunga. Langkah selanjutnya menghitung nilai dari Kp, Ti, dan Td menurut aturan dari metode osilasi dari Zieger Nichols.



Gambar 18 Output Sistem Dengan Kp = 10

Hasil pengujian dengan nilai Kp=10 berupa gambar grafik diatas. Sesuai aturan Zieger Nichols mendapatkan nilai Ku dan Tu.

Diketahui :	Mencari nilai	Maka nilai
Ku = 10	Kp :	Ki dan Kd:
Pu = 3	$Kp = 0.6 \times Ku$	$Ki = Kp / Ti$
	$= 0.6 \times 10$	$= 6 / 1.5$
	$= 6$	$= 4$
	$Ti = 0.5 \times Pu$	$Kd = Kp / Td$
	$= 0.5 \times 3$	$= 6 / 0.375$
	$= 1.5$	$= 16$

$$Td = 0.125 \times Pu$$

$$= 0.125 \times 3$$

$$= 0.375$$

IV. PENGUJIAN SISTEM

1. Pengujian LCD

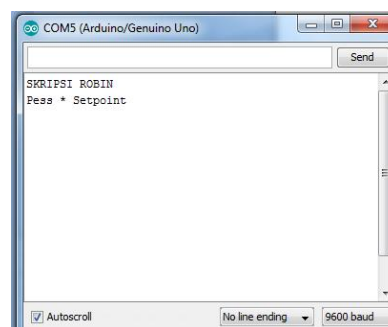
Pengujian rangkaian LCD sebas pengeluaran data sensor kecepatan dan tampilan setpoint yang diberikan dari kontroler Arduino Uno untuk ditampilkan di display LCD 16x2.



Gambar 19 Hasil Tampilan Program LCD

2. Pengujian Rangkaian Keypad

Pengujian rangkaian ini digunakan untuk mengetahui apakah keypad dapat digunakan dengan baik dan dapat difungsikan sebagai input system, pengujian keypad ini ditampilkan melalui serial monitor yang ada pada Arduino Uno. Dengan member input berupa nilai pada keypad. Pada setiap nilai mewakili sebuah kalimat.



Gambar 20 Hasil Tampilan Program Keypad

3. Pengujian Pengaturan Motor DC Dengan Driver Motor

Pengujian driver *Full Bridge* dilakukan dengan cara memberikan setpoint 0 sampai 255. Selanjutnya membandingkan kecepatan motor dc melalui pengukuran rotary encoder dan menggunakan alat ukur tachometer.

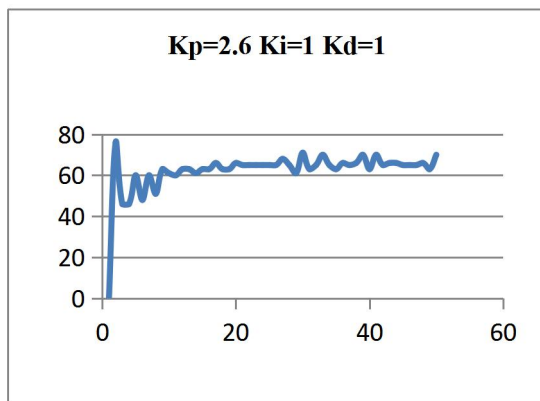
Tabel 21 Hasil Pengujian PWM Terhadap Kecepatan Motor

PWM	Kecepatan Rotary Ecoder (RPM)	Kecepatan Tachometer (RPM)	Error %
20	0	0	0
40	20	20,7	3,38
60	39	39,7	1,76
80	55	58,7	6,30
100	71	74,5	4,69
120	83	86,9	4,47
140	93	97,6	4,7
160	100	104,3	4,12
180	106	110,1	3,72
200	110	116,3	5,41
220	115	120,7	4,72
240	123	129,5	5,01
255	128	135,1	5,25

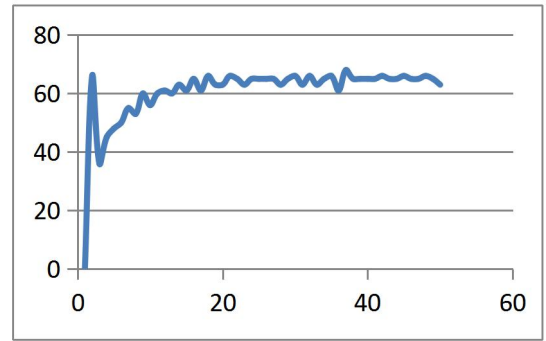
Hasil dari pengujian bahwa pembacaan sensor kecepatan masih memiliki *error* rata-rata 3,82.

4. Pengujian Kontroler PID

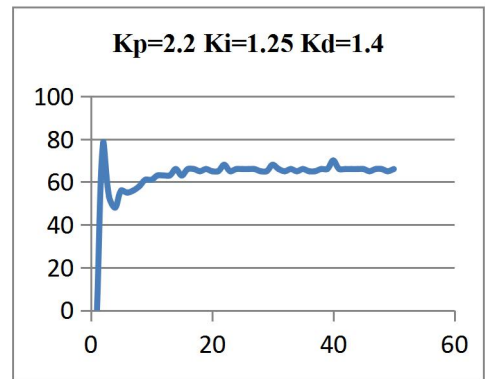
Pada gambar 22 dan gambar 23 menghasilkan grafik yang tidak jauh berbeda, akan tetapi jika ditinjau lagi dengan seksama, maka akan ditemukan perbedaan. Antara lain pada gambar 4.13 nilai *overshoot* sebesar 76 dengan waktu kestabilan adalah 17 detik. Sedangkan pada gambar 4.14 nilai *overshoot* sebesar 66 sedangkan untuk waktu mencapai kestabilan 48 detik. Dari kedua gambar waktu tercepat untuk mencapai kestabilan adalah dengan tidak menggunakan beban.



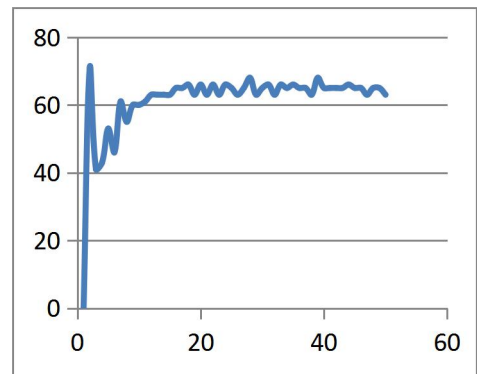
Gambar 22 Metode *Trial And Error* Tanpa Beban



Gambar 23 Metode *Trial And Error* Menggunakan Beban



Gambar 24 Metode *Trial And Error* Tanpa Beban



Gambar 25 Metode *Trial And Error* Menggunakan Beban

Pada gambar 23 menurut data grafik *overshoot*-nya mencapai 78 sedangkan waktu kestabilannya sebesar 16 detik. Pada gambar 2.19 nilai *overshoot* sebesar 71 dan waktu menuju stabil 16 detik. Kedua gambar diatas menghasilkan *hand tuning* yang sama-sama bagus. Akan tetapi bila ditinjau dari hasil nilai over shoot, hasil menggunakan beban lebih baik dari pada yang tidak menggunakan beban.

V. PENUTUP

1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan menganalisisnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan :

- a. *Driver Full Bridge* dinilai lebih efektif untuk mengontrol motor dc dikarenakan memiliki operasi 4 kuadran.
- b. Dengan memberikan nilai *setpoint/ PWM* yang besar pada medan jangkar, maka akan menghasilkan putaran yang cepat dan sebaliknya untuk nilai *setpoint/ PWM* kecil. Dengan syarat tegangan medan tetap.
- c. Kestabilan dipengaruhi oleh kecepatan yang dibaca oleh sensor kecepatan yang akan diolah oleh kontroller Arduino Uno untuk menstabilkan kecepatan motor dc.
- d. Semakin besar nilai K_p yang diberikan, maka nilai menuju kestabilan lebih cepat. Akan tetapi akan menghasilkan nilai *overshoot* yang besar pula.
- e. Penerapan PID *trial and error* dirasa cukup efektif untuk menstabilkan putaran motor dc pada nilai tuning parameter $P = 2.2$, $I = 1.25$, $D = 1.4$. Dengan waktu menuju kestabilan ($t_s = 14$ s), ($t_p = 2$ s), ($t_r = 2$ s) dan ($t_d = 1,2$ s), nilai *overshoot* 78 dari nilai *setpoint* 65.

2. Saran

- a. Untuk pemasangan rotary dan jumlah lubang lebih diperhatikan lagi, agar dapat menghitung putaran lebih presisi.
- b. Untuk memaksimalkan pengereman lebih efektif apabila menggunakan motor dc yang tidak menggunakan gearbox.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Asrofi, A. Komarudin, A. Pracoyo, A. 2014. *Navigasi Robot Mobil 3wd Omni wheeled dengan Metode Odometri. Jurnal Elektronika Otomasi Industri, 1(1), 44-50.*
- Gunterus, Frans: *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*, jakarta: PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1994.
- Ogata, Katsuhiko: *Teknik Kontrol Automatik – terjemahan: Ir. Edi Laksono*, Erlangga, Jakarta, 1991
- Anwar Salwin, 2008, “*Variabel Tegangan Terhadap Hasil lectroplating Pada Alat Penyepuh Logam*”. *Jurnal Poli Rekayasa Volume 4, Nomor 1.*
- Laboraturium Penelitian Konversi Energi Elektrik. 2009. *Sekilas Rotary Encoder*. Bandung: ITB.
- Sharp. (n.d). *GP1s53 Compact Photo-Interrupter*. WWW. ALLDATASHEET.COM.

Wurdono dan Kismet Fadillah (1999). *Instalasi Motor-Motor Listrik Jilid 1*. Angkasa Bandung.