

**PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC PADA MINIATUR
METAL TRAP GUNA MENINGKATKAN KUALITAS SEMEN**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMMAD SALMAN AL FARISI

NIM. 135060301111060

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC PADA MINIATUR
METAL TRAP GUNA MENINGKATKAN KUALITAS SEMEN**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Muhammad Salman Al Farisi
NIM. 135060301111060

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 19 Januari 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T.
NIP. 19711013 200604 1 001

Dr. Ir. Erni Yudaningsyach, M.T.
NIP. 19650913 199002 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D., IPM.
NIP. 19730520 200801 1 013

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Ayahanda dan Ibunda tercinta*

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, 12 Januari 2018

Mahasiswa,

MUHAMMAD SALMAN AL FARISI

NIM. 135060301111060

JUDUL SKRIPSI:

PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC PADA MINIATUR *METAL TRAP*
GUNA MENINGKATKAN KUALITAS SEMEN

Nama Mahasiswa : Muhammad Salman Al Farisi

NIM : 135060301111060

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Kontrol

KOMISI PEMBIMBING:

Ketua : Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T.

Anggota : Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.

TIM DOSEN PENGUJI:

Dosen Penguji I : Ir. Purwanto, M.T.

Dosen Penguji II : Dipl. Ing. Ir. Moch. Rusli

Dosen Penguji III : M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.

Tanggal Ujian : 12 Januari 2018

SK Penguji : 019/UN10.F07/ SK/ 2018

RINGKASAN

Muhammad Salman Al Farisi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Pengendalian Kecepatan Motor Dc Pada Miniatur Metal Trap Guna Meningkatkan Kualitas Semen*, Dosen Pembimbing : Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.

semen merupakan bahan utama yang harus selalu ada dalam mendirikan bangunan. Pada saat ini kapasitas produksi semen sekitar 60,6 juta ton per tahun, dengan tingkat konsumsi 53 juta ton, dengan tingkat pertumbuhan konsumsi sekitar 6% per tahun membuat kebutuhan semen semakin meningkat, namun hal itu tidak diikuti dengan ketersediaan bahan baku pembuatan semen yang semakin sedikit. Karena permasalahan tersebut, dibuatlah suatu miniatur alat yang dapat meningkatkan kualitas semen yaitu *metal trap*. Fungsi dari *metal trap* ini ialah sebagai sistem penyaring atau penyeleksi abu/debu semen dengan material lain seperti metal, dan gumpalan yang masih kasar. Parameter kualitas semen dapat diukur dari kepadatan atau massa jenis debu semen karena kepadatan semen akan berpengaruh pada proporsi penggunaan semen dalam campuran.

Metal trap menggunakan motor DC 12 V sebagai aktuator yang di umpan balik dengan *optical dust sensor* sebagai pengendali massa jenis semen. Sebagai pengendalian kecepatan motor DC menggunakan Kontroler PID dengan metode *root locus*. Hasil parameter kontroler PID diperoleh nilai $K_p = 22,8027$, $K_i = 8$, dan $K_d = 17,2503$. Dari hasil pengujian keseluruhan diperoleh respon sistem menggunakan *setpoint dust density* di udara sebesar $0,63 \text{ mg/m}^3$ dimana kecepatan putaran yang dihasilkan oleh karakteristik motor DC 12V sebesar 2500 rpm didapatkan respon kecepatan motor DC memiliki nilai *settling time* sebesar 4,5 detik, *overshoot* sebesar 8,64%, dan *error steady state* sebesar 0,8%, sedangkan respon *dust density* memiliki *settling time* 3,4 detik, *overshoot* sebesar 4,76%, dan *error steady state* sebesar 0,31%. Walaupun sistem terdapat osilasi namun masih dalam toleransi 2%. Saat sistem diberi gangguan, didapatkan respon kecepatan motor DC memiliki nilai *settling time* sebesar 4,15 detik, *overshoot* sebesar 6,72%, *recovery time* selama 3,7 detik, dan *error steady state* sebesar 0,8%, sedangkan respon *dust density* memiliki *settling time* 3,2 detik, *overshoot* sebesar 3,17%, *recovery time* selama 3 detik, dan *error steady state* sebesar 0,31%.

Kata Kunci: Kualitas Semen, *Metal trap*, PID, *Root locus*,

SUMMARY

Muhammad Salman Al Farisi, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, January 2018, *Speed Control Of Dc Motor On Miniature Metal Trap To Improve Quality of Cement*, Supervisor: Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T. and Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.

Cement is the main ingredient that must always exist in erecting the building. Currently, the production capacity of cement is about 60.6 million tons per year, with consumption rate of 53 million tons, with consumption growth rate of about 6% per year the need for semen is increasing, but it is not followed by the availability of cement making raw material little because of that, a miniature tool that can improve the quality of cement is a metal trap. The function of this metal trap is as a filtration system or the selection of ash / cement dust with other materials such as metal, and lumps that are still rough. Parameters of cement quality can be measured from density or density of cement density as semen density will affect the use of cement in the mixture.

Metal trap using DC motor 12 V as actuator in feedback with optical dust sensor as cement type mass controller. As the speed control of DC motor is used PID controller by using root locus method. The result of PID control parameter is $K_p = 22,8027$, $K_i = 8$, and $K_d = 17,2503$. From the result of the whole test obtained by system response using set point dust density in air equal to $0,63 \text{ mg/m}^3$ where the rotation speed generated by DC motor 12V characteristic 2500 rpm got speed response DC motor has settling time value equal to 4,5 second, overshoot equal to 8,64 %, and steady state error of 0,8%, while dust density response has settling time of 3,4 seconds, overshoot of 4,76%, and steady state error is 0,31%. Although the system is oscillating but still within tolerance is 2%. When the system was given the disruption, obtained DC motor speed of response has settling time value equal to 4,15 second, overshoot equal to 6,72 %, recovery time for 3.7 seconds, and steady state error of 0,8%, while dust density response has settling time of 3,2 seconds, overshoot of 3,17%, recovery time for 3 seconds, and steady state error is 0,31%.

Keywords: *Quality of Cement, Metal trap, PID, Root locus*

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah SWT, Rabb alam semesta. Dialah Allah, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dialah Sebaik-baik Penolong dan Sebaik baik Pelindung. Shalawat dan salâm kepada Nabi Muhammad Rasulullah SAW, Sang pembawa kabar gembira dan sebaik baik suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allâh SWT semata sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “**PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC PADA MINIATUR *METAL TRAP* GUNA MENINGKATKAN KUALITAS SEMEN**”. Dalam proses penulisan Laporan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang penulis hadapi. Penulis menyadari bahwa kelancaran mulai dari penyusunan awal penelitian, pada saat penelitian dan penulisan Laporan ini berkat bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan.
- Keluarga tercinta, kedua orang tua Bapak Sugeng Santoso dan Ibu Nurul Arifah yang selalu memberikan kasih sayang dan doanya yang tiada akhir. Serta kedua kakak dan adik saya tercinta, Mas Robit, Mas Afif dan Lidiyah yang selalu memberikan dukungan.
- Bapak Ir. Hadi Suyono, ST. MT., Ph.D., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ibu Ir. Nurus'saadah, M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah banyak memberikan pengarahan dalam hal akademik dan penulisan skripsi.
- Bapak Ir. Purwanto, M.T., sebagai ketua kelompok Dosen Keahlian Teknik Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing akademik.

- Bapak Goegoes Dwi Nusantoro ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I atas segala ilmu, bimbingan, nasehat, gagasan, ide, saran, motivasi dan bantuan yang telah diberikan.
- Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T. selaku Dosen Pembimbing II atas segala ilmu, bimbingan, nasehat, gagasan, ide, saran, motivasi dan bantuan yang telah diberikan.
- Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas segala alat serta sarana dan prasarana yang dimanfaatkan penulis dalam melakukan penelitian.
- Galoh, Ghadafi, Rifan, Rofiq, Sholeh, dan Yudha yang telah banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
- Teman-teman teknik elektro Alfian, Muchzan, Lukman, Arie, Heri, Rizki, Idam, dan lainnya yang tak bisa penulis sebutkan satu persatu.
- Teman – teman di kost gajayana, Wildan, Toni, Abas, Wawan, Iman, Aldi, dan Mas Supri terima kasih atas berbagi canda dan tawa, cerita, pengalaman hidup dan terus mengingatkan untuk segera menyelesaikan skripsi.
- Keluarga besar angkatan 2013 “SPECTRUM” yang telah memberikan semangat, dorongan, dan motivasinya.
- Mas – mas dan mbak – mbak serta adik – adik angkatan yang bersedia berbagi pengalaman.
- Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Sekiranya Allâh SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Allâhumma Amin.

Malang, 19 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Plant	5
2.2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560	6
2.2.1 Tegangan Sumber	6
2.2.2 Memori.....	6
2.2.3 Input dan Output	6
2.2.4 Komunikasi.....	7
2.3 Pulse Width Modulation	8
2.4 Motor DC.....	8
2.5 Driver Motor DC L298N	9
2.6 LCD (Liquid Cristal Display).....	10
2.7 Sensor Debu (GP2Y1010AU0F Optical Dust Sensor).....	11
2.8 Rotary Encoder FC-03.....	12
2.9 Pseudo Random Binary Square	13
2.10 Kontroler.....	14
2.10.1 Kontroler Proporsional	15

2.10.2	Kontroler Integral	16
2.10.3	Kontroler Diferensial	16
2.10.4	Kontroler Proporsional Intergral Diferensial	17
2.11	Metode Root Locus.....	18
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Perancangan Blok Diagram Sistem	21
3.2	Spesifikasi Desain.....	23
3.3	Karakterisasi Setiap Blok	23
3.3.1	Karakterisasi Driver Motor L298N.....	23
3.3.2	Karakterisasi Sensor Debu (GP2Y1010AU0F Optical Dust Sensor)...	27
3.3.3	Karakterisasi Motor DC 12 V dengan Rotary Encoder FC-03	29
3.3.4	Karakterisasi Kecepatan Motor Yang Dihubungkan Dengan Sensor Debu (GP2Y1010AU0F <i>Optical Dust Sensor</i>).....	32
3.4	Perancangan Perangkat Keras.....	34
3.5	Perancangan Flowchart.....	34
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	Penentuan Fungsi alih Motor DC RS-555	37
4.2	Penentuan Parameter Kontroler PID	42
4.3	Pengujian Keseluruhan Sistem	46
4.4	Pengujian Sistem dengan Diberikan Gangguan	48
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>) 16x2	11
Tabel 2.2	Variasi panjang sekuensial PRBS	14
Tabel 3.1	Hasil pengujian karakterisasi <i>driver</i> motor L298N	26
Tabel 3.2	Hasil pengujian karakterisasi sensor debu.....	28
Tabel 3.3	Hasil pengujian kecepatan motor DC 12 V dengan <i>rotary encoder</i> FC-03	31
Tabel 3.4	Hasil pengujian kecepatan motor DC 12 V terhadap <i>optical dust sensor</i>	33
Tabel 4.1	Parameter PID dengan $s_1 = -0,681$	45

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	<i>Metal trap</i>	5
Gambar 2.2	Arduino Mega 2560	6
Gambar 2.3	Sinyal PWM secara umum	8
Gambar 2.4	RS-555 motor DC 12 V	9
Gambar 2.5	<i>Driver</i> motor DC L298N	10
Gambar 2.6	LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>) 16x2.....	10
Gambar 2.7	GP2Y1010AU0F <i>optical dust sensor</i>	11
Gambar 2.8	Skema GP2Y1010AU0F <i>optical dust sensor</i>	12
Gambar 2.9	<i>Rotary encoder</i> FC-03	12
Gambar 2.10	Register geser 5 Bit dengan umpan balik	14
Gambar 2.11	Diagram blok kontroler proposional.....	15
Gambar 2.12	Diagram blok kontroler integral	16
Gambar 2.13	Diagram blok kontroler diferensial.....	17
Gambar 2.14	Diagram blok kontroler PID	17
Gambar 2.15	Sistem kendali loop tertutup	18
Gambar 3.1	Diagram blok sistem.....	22
Gambar 3.2	Rangkaian pengujian katakterisasi <i>driver</i> motor L298N.....	24
Gambar 3.3	Rangkaian pengujian katakterisasi <i>driver</i> motor L298N dengan beban motor DC 12V	25
Gambar 3.4	Grafik perubahan tegangan <i>output driver</i> motor L298N terhadap <i>input duty cycle</i>	26
Gambar 3.5	Rangkaian pengujian karakterisasi Sensor debu	28
Gambar 3.6	Grafik perubahan tegangan <i>output</i> pada sensor debu	29
Gambar 3.7	Rangkaian pengujian katakterisasi <i>Rotary encoder</i> FC-03	30
Gambar 3.8	Grafik perubahan kecepatan motor terhadap <i>duty cycle</i>	31
Gambar 3.9	Grafik perubahan kecepatan motor terhadap <i>dust density</i>	33
Gambar 3.10	Skema pembuatan perangkat keras.....	34
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> keseluruhan sistem	35

Gambar 4.1	Respon sinyal PRBS dan kecepatan motor DC RS-555.....	38
Gambar 4.2	<i>System Identification Toolbox</i>	39
Gambar 4.3	Fungsi alih motor DC RS-555	39
Gambar 4.4	Hasil estimasi model.....	40
Gambar 4.5	Nilai <i>time constant</i> output motor DC RS-555 dengan input <i>unit step</i>	41
Gambar 4.6	Nilai <i>rise time</i> output motor DC RS-555 dengan input <i>unit step</i>	41
Gambar 4.7	Nilai <i>settling time</i> output motor DC RS-555 dengan input <i>unit step</i>	42
Gambar 4.8	Letak <i>pole</i> pada diagram <i>root locus</i>	43
Gambar 4.9	Respon sistem tanpa kontroler PID	45
Gambar 4.10	Respon sistem dengan kontroler PID	45
Gambar 4.11	Respon kecepatan motor DC	46
Gambar 4.12	Respon <i>dust density</i>	47
Gambar 4.13	Respon kecepatan motor DC saat diberikan gangguan	48
Gambar 4.14	Respon <i>dust density</i> saat diberikan gangguan	49

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Foto Alat	55
Lampiran 2	<i>Listing</i> Program.....	57
Lampiran 3	<i>Datasheet</i>	66