

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM TAKAR DAN *DISPENSER* BUMBU DAPUR OTOMATIS BERBASIS RASPBERRY PI ZERO 2W DAN STM32F411CEU6 DENGAN MOTOR KENDALI *PROPORTIONAL* *INTEGRAL*



Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada
Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Oleh :
Billal Maula Pandhya
40040322650007

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM TAKAR DAN DISPENSER BUMBU DAPUR
OTOMATIS BERBASIS RASPBERRY PI ZERO 2W DAN STM32F411CEU6
DENGAN MOTOR KENDALI *PROPORTIONAL INTEGRAL*

Diajukan oleh :
Billal Maula Pandhya
40040322650007

Telah Disetujui Dan Diterima Dengan Baik Oleh

Dosen Pembimbing.



Aulia Istiqomah, S.ST., M.T.
NIP. 199306122024062002

Semarang, *17 Juli* 2026

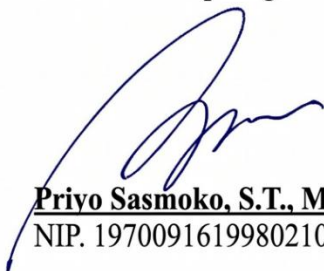
Mengetahui

Ketua

Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng
NIP. 197009161998021001

Semarang, *17 Juli* 2026

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM TAKAR DAN DISPENSER BUMBU DAPUR
OTOMATIS BERBASIS RASPBERRY PI ZERO 2W DAN STM32F411CEU6
DENGAN KENDALI MOTOR *PROPORTIONAL INTEGRAL*

Disusun oleh :

Billal Maula Pandhya

40040322650007

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada tanggal

21 Juli 2026

Tim Penguji,

Pembimbing



Aulia Istiqomah, S.S.T., M.T.

NIP. 199306122024062002

Penguji 1

Penguji 2



Dr. Lisa'Yihaa Roodhiyah, S.Si., M.Si

NIP.199210062022042001



Megarini Hersaputri, S.T., M.T.

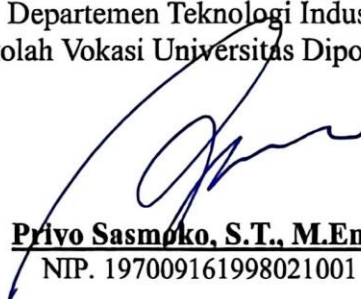
NIP. 198902142020122012

Mengetahui,

Ketua Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri

Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Privo Sasmoko, S.T., M.Eng.

NIP. 197009161998021001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Billal Maula Pandhya
NIM : 40040322650007
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Takar Dan Dispenser Bumbu Dapur Otomatis Berbasis Raspberry Pi Zero 2W dan STM32F411CEU6 Dengan Motor Kendali *Proportional Integral*.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 21 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



Billal Maula Pandhya

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat waktu. Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik terapan (S.Tr.T.) dari Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. terselesaikannya laporan ini tidak terlepas dari berbagai bantuan yang penulis terima, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, kesabaran, kemudahan dan kelancaran selama proses penyusunan Tugas Akhir baik Rancang Bangun Alat dan penyusunan laporan.
2. Prof Dr. Ir.Budiyono, M. Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku ketua Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi.
4. Ibu Aulia Istiqomah S.S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Ibu R. Estu Wijayanti, Ayah Riky Maulingga dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, serta kasih sayang yang tiada henti terhadap penulis.
6. Fitesa Nur Firdasti yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat terhadap penulis.
7. Seluruh Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi angkatan 2022 (SATNAYAKA) selaku teman seperjuangan yang selalu menemani penulis berdiskusi dan bertukar pikiran dalam proses Rancang Bangun Alat maupun proses penyusunan laporan.
8. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kesalahan yang mungkin terjadi, baik dalam sikap maupun perkataan, baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Penulis berharap laporan ini dapat memberikan

manfaat bagi pembaca, terutama bagi penulis sendiri. Saran dan masukan dari pembaca sangat dihargai dan akan menjadi bahan perbaikan di masa mendatang.

Semarang, 21 Juli 2026

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Billal Maula Pandhya', with a stylized flourish at the end.

Billal Maula Pandhya

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I.....	17
1.1. Latar Belakang	17
1.2. Rumusan Masalah	19
1.3. Tujuan Tugas Akhir	19
1.4. Manfaat Tugas Akhir	19
1.5. Batasan Masalah.....	20
1.6. Sistematika Penulisan Tugas Akhir	20
BAB II.....	21
2.1. Tinjauan Pustaka	21
2.2. Raspberry Pi Zero 2W	23
2.3. STM32F411CEU6.....	25
2.4. LCD TFT	27
2.5. Motor DC dengan Encoder	29
2.6. <i>Driver</i> Motor DRV8833	32
2.7. Stepper Motor.....	34
2.8. <i>Driver</i> Motor Stepper A4988	36
2.9. <i>Push-Pull</i> Solenoid.....	38
2.10. MOSFET IRF540	39
2.11. <i>Load Cell</i> CZL 601.....	41
2.12. Modul ADC HX771	43
2.13. Median Filter	46
2.14. <i>Universal Asynchronous Reciver Transmitter</i> (UART)	47

2.15.	JavaScript Object Notation (JSON)	49
2.16.	Pengendali Propotional-Integral.....	50
2.17.	Switched Mode Power Supply	52
2.18.	LM2596.....	54
BAB III		57
3.1.	Diagram Blok	57
3.1.1.	<i>Supply</i> Tegangan.....	61
3.2.	Gambar 3D	62
3.3.	Spesifikasi dan Fitur	64
3.4.	Teknik Fabrikasi	64
3.4.1.	Diagram Alir Sistem.....	65
3.4.2.	Rancangan Penerapan Baris Program	68
3.4.3.	Rancangan Kelistrikan Sistem	78
3.4.4.	Kebutuhan Daya Sistem	79
3.4.5.	Rancangan PCB Sistem.....	81
3.4.6.	Rancangan Mekanisme <i>Dispensing</i>	85
3.4.7.	Rancangan Perangkat Lunak pada Raspberry Pi Zero 2W	87
3.4.8.	Rancangan Metode Komunikasi UART	88
3.4.9.	Rancangan Penerapan Metode Kendali Motor DC	92
BAB IV		95
4.1.	Hasil Pengujian Respon Transien Kendali Proportional Integral.....	95
4.2.	Pengaruh Pengendali PI terhadap <i>Dispensing</i>	97
4.3.	Hasil Pengujian Kestabilan dan Akurasi Loadcell	99
4.4.	Hasil Pengujian Dispesning	102
4.3.1.	Hasil <i>Dispensing</i> Garam.....	102
4.3.2.	Hasil <i>Dispensing</i> Cabai Bubuk	104
4.3.3.	Hasil <i>Dispensing</i> Merica	106
4.3.4.	Hasil <i>Dispensing</i> Ketumbar	108
4.5.	Hasil Pengujian Komunikasi Sistem	110
4.6.	Pengujian Perangkat Keras.....	112
4.4.1.	Pengujian Tegangan dan Arus Catu Daya	112
4.4.2.	Pengujian Putaran Motor DC	113
4.4.3.	Pengujian Arus Motor DC	115

4.7. Integrasi Sistem	116
BAB V	122
5.1. Kesimpulan.....	122
5.2. Saran.....	123
LAMPIRAN.....	124
DAFTAR PUSTAKA	155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Board Raspberry Pi Zero 2W	23
Gambar 2. 2 Board STM32F411CEU6.....	25
Gambar 2. 3 MPI3508 3.5inch TFT LCD antarmuka HDMI	28
Gambar 2. 4 Motor DC dengan Encoder N20.....	29
Gambar 2. 5 Module DRV 8833 Motor Driver	32
Gambar 2. 6 Skematik Rangkaian Modul DRV8833	33
Gambar 2. 7 Motor Stepper NEMA 17	34
Gambar 2. 8 Modul A4899 Motor Stepper Driver dan Pin-Out Diagramnya.....	36
Gambar 2. 9 Rangkaian Skematik Diagram Modul A4988	37
Gambar 2. 10 Solenoid Push-Pull	38
Gambar 2. 11 IRF540 MOSFET	40
Gambar 2. 12 Load cell CZL-601	41
Gambar 2. 13 Modul ADC HX711	43
Gambar 2. 14 Skematik Rangkaian Modul ADC HX711	45
Gambar 2. 16 Grafik Noise Sebelum dan Sesudah Filter Median	46
Gambar 2. 17 Konfigurasi Parameter Komunikasi USART pada STM32 MX....	47
Gambar 2. 18 Data Frame Komunikasi UART	48
Gambar 2. 19 Format Frame JSON.....	49
Gambar 2. 20 Diagram Kendali Proportional Integral.....	50
Gambar 2. 21 SMPS 12V 5A	53
Gambar 2. 22 Modul Step Down LM2596	55
 Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem	 57
Gambar 3. 2 Gambar 3D alat	63
Gambar 3. 3 Diagram Alir Keseluruhan Sistem.....	65
Gambar 3. 4 Diagram Alir Execute Dispensing	67
Gambar 3. 5 Rangkaian Kelistrikan Sistem Keseluruhan	78
Gambar 3. 6 Skematik Mainboard PCB.....	81
Gambar 3. 7 Rancangan Layout PCB untuk Mainboard (TopView PCB).....	82
Gambar 3. 8 Rancangan Jalur PCB Mainboard (Bottom View PCB).....	82
Gambar 3. 9 Rancangan Konektivitas PCB Display Pi	83

Gambar 3. 10 Rancangan Layout PCB Pi Display (Top View PCB).....	84
Gambar 3. 11 Rancangan Jalur PCB Pi Display (Bottom View PCB)	84
Gambar 3. 12 Rancangan Mekanisme Dispensing Chamber.....	85
Gambar 3. 13 Alur Input Parameter Jenis Material dan Berat Material.....	87
Gambar 3. 14 Komunikasi Antar Perangkat Kendali.....	89
Gambar 3. 15 Alur Komunikasi Dua Arah Berbasis UART	89
Gambar 3. 16 Format Data Recipe dalam Bentuk JSON.....	90
Gambar 3. 17 Format Data Cancel dalam Bentuk JSON.....	91
Gambar 3. 18 Format Data Telemetry dalam Bentuk JSON.....	91
Gambar 3. 19 Blok Diagram Closed Loop System Kendali Proportional-Integral	92
Gambar 3. 20 Grafik Step Respon Pada PWM 500	93
 Gambar 4. 1 Respon Transien Motor DC Pada Kp 4.6 dan Ki 74.1	95
Gambar 4. 2 Respon Transien Motor DC Pada Kp 7 dan Ki 61	96
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan PWM, RPM, dan Gram dalam Proses Dispensing	98
Gambar 4. 4 a.) Pengujian Pada 10gr. b.) Pengujian Pada 20gr c.) Pengujian Pada 50gr. d.) Pengujian Pada 100gr	99
Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Dispense Material Bubuk Garam.....	102
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Dispense Material Cabai Bubuk	104
Gambar 4. 7 Grafik Pengujian Dispense Material Bubuk Merica	106
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian Dispense Material Bubuk Ketumbar.....	108
Gambar 4. 9 Bentuk Payload JSON yang dikirim Raspi (TX) dan yang diterima Raspi (RX)	111
Gambar 4. 10 a.) Hasil Ukur Power Supply 12volt. b.) Hasil Ukur XL4015 12volt. c.) Hasil Ukur MP1584 6volt. d.) Hasil Ukur LM2596 5volt. e.) Hasil Ukur MP1584 3.3volt.	112
Gambar 4. 11 a.) RPM Pada Shaft Motor. b.) RPM Pada Output Gearbox c.) RPM Pada Screwfeeder	114
Gambar 4. 12 Hasil Pembacaan RPM Screwfeeder.....	115

Gambar 4. 13 a.) Pengukuran Arus DC Motor tanpa material bubuk. b.) Pengukuran Arus DC Motor Dengan Material Bubuk.....	115
Gambar 4. 14 a.) Halaman Utama HMI. b.) halaman input berat c.) halaman Utama yang menyimpan nilai input. d.) halaman input porsi e.) halaman konfirmasi	117
Gambar 4. 15 a.) Motor Dispenser Berhasil Mengeluarkan material Bubuk dan Realtime Monitoring, b) kondisi knocker ketika Bulk, c) Kondisi knocker ketika fine.....	118
Gambar 4. 16 a.) Berpindah ke chamber 2 b.) Berpindah ke chamber 3 c.) berpindah ke chamber 4	119
Gambar 4. 17 a.) HMI Masuk ke Halaman Done setelah Dispensing Selsesai b.) Hasil Penimbangan aktual pada timbangan digital	120
Gambar 4. 18 Tampilan Warning Ketika Input Material Lebih Dari 100gram...	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tinjauan Pustaka	21
Tabel 2. 2 Spesifikasi Raspberry Pi Zero 2W	24
Tabel 2. 3 Spesifikasi STM32F411CEU6	26
Tabel 2. 4 Spesifikasi MPI3508 HDMI TFT	28
Tabel 2. 5 Spesifikasi Motor DC JGA12-N20	30
Tabel 2. 6 Spesifikasi Modul DRV8833.....	32
Tabel 2. 7 Spesifikasi Stepper Motor NEMA17	35
Tabel 2. 8 Spesifikasi Modul Driver Stepper Motor A4988	37
Tabel 2. 9 Spesifikasi Loadcell CZL-601	42
Tabel 2. 10 Spesifikasi Modul ADC HX711	44
Tabel 2. 11 Spesifikasi SMPS 12V 5A.....	53
Tabel 2. 12 Spesifikasi Modul Stepdown LM2596.....	55
Tabel 3. 1 Komunikasi Data Antar Komponen Beserta Fungsinya	61
Tabel 3. 2 Tegangan yang Diperlukan Masing Masing Komponen.....	62
Tabel 3. 3 Spesifikasi Sistem Takar dan Dispenser Otomatis	64
Tabel 3. 4 Kebutuhan Tegangan dan Arus.....	79
Tabel 3. 5 Kebutuhan Daya Komponen	80
Tabel 4. 1 Perbandingan Pembacaan Berat Dengan filter dan Tanpa filter.....	100
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Dispense material Garam.....	103
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Dispense Material Cabai Bubuk	105
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Dispense material Merica	107
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Dispense material Ketumbar.....	109
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Latensi Komunikasi Sistem	110
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Tegangan Catu Daya dan DC-DC Converter.....	113

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Hasil Percobaan Garam 5gr	124
Lampiran 2 Tabel Hasil Percobaan Garam 10gr	125
Lampiran 3 Tabel Hasil Percobaan Garam 20gr	126
Lampiran 4 Tabel Hasil Percobaan Garam 50gr	127
Lampiran 5 Tabel Percobaan Cabai Bubuk 5gr	128
Lampiran 6 Tabel Percobaan Dispensing Cabai Bubuk 10gr	129
Lampiran 7 Tabel Percobaan Dispensing Cabai Bubuk 20gr	130
Lampiran 8 Tabel Percobaan Dispensing Cabai Bubuk 50gr	131
Lampiran 9 Tabel Percobaan Dispensing Merica 5gr	132
Lampiran 10 Tabel Percobaan Dispensing Merica 10gr	133
Lampiran 11 Tabel Percobaan Dispensing Merica 20gr	134
Lampiran 12 Tabel Percobaan Dispensing Merica 50gr	135
Lampiran 13 Tabel Percobaan Dispensing Ketumbar 5gr	136
Lampiran 14 Tabel Percobaan Dispensing Ketumbar 10gr	137
Lampiran 15 Tabel Percobaan Dispensing Ketumbar 20gr	138
Lampiran 16 Tabel Percobaan Dispensing Ketumbar 50gr	139
Lampiran 17 Bentuk Data JSON dan Latensinya	140

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM TAKAR DAN DISPENSER BUMBU DAPUR OTOMATIS BERBASIS RASPBERRY PI ZERO 2W DAN STM32F411CEU6 DENGAN MOTOR KENDALI *PROPORTIONAL INTEGRAL*

Billal Maula Pandhya

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Proses penakaran bumbu secara manual masih memiliki kelemahan berupa ketidakseragaman hasil dan ketergantungan terhadap operator. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem penakaran bumbu otomatis berbasis mikrokontroler STM32F411CEU6 yang mampu melakukan dispensing beberapa jenis material sesuai target berat. Sistem terdiri atas Raspberry Pi Zero 2W sebagai antarmuka pengguna, motor stepper sebagai pemilih chamber, motor DC screw feeder sebagai mekanisme dispensing, sensor load cell HX711 sebagai umpan balik berat, serta komunikasi UART berbasis JSON antara Raspberry Pi dan STM32. Kecepatan motor DC dikendalikan menggunakan pengendali Proportional Integral (PI), sedangkan pembacaan load cell menggunakan median filter untuk meningkatkan kestabilan data. Pengujian dilakukan pada empat jenis material, yaitu garam, cabai bubuk, merica, dan ketumbar dengan target berat 5 g, 10 g, 20 g, dan 50 g sebanyak lima kali pengulangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan dispensing secara otomatis sesuai urutan material dengan komunikasi data real-time yang berjalan baik. Median filter menghasilkan rata-rata error pengukuran sebesar **0,72%** dengan standar deviasi rata-rata **0,042 g**. Selain itu, karakteristik dispensing dipengaruhi oleh sifat fisik masing-masing material, di mana garam menghasilkan error lebih besar dibandingkan material lainnya. Secara keseluruhan, sistem berhasil melakukan penakaran multi-material secara otomatis dengan tingkat akurasi dan kestabilan yang baik.

Kata kunci: Dispensing Bubuk Otomatis, STM32F411CEU6, Raspberry Pi Zero 2W, Loadcell, Proportional Integral.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC KITCHEN SPICE WEIGHING AND DISPENSING SYSTEM BASED ON RASPBERRY PI ZERO 2W AND STM32F411CEU6 USING PROPORTIONAL-INTEGRAL MOTOR CONTROL

Billal Maula Pandhya

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Manual seasoning dispensing often suffers from inconsistent measurements and dependence on human operators. This study aims to design and implement an automatic seasoning dispensing system based on the STM32F411CEU6 microcontroller for dispensing multiple materials according to predefined target weights. The system consists of a Raspberry Pi Zero 2W as the Human Machine Interface (HMI), a stepper motor for chamber selection, a DC screw feeder motor for dispensing, an HX711 load cell for weight feedback, and UART communication using JSON format. A Proportional Integral (PI) controller regulates the DC motor speed, while a median filter is applied to improve measurement stability. Experiments were conducted using four seasoning materials—salt, chili powder, black pepper, and coriander powder—with target weights of 5 g, 10 g, 20 g, and 50 g, each repeated five times. The results show that the system successfully performs automatic sequential dispensing with reliable real-time communication. The median filter achieved an average measurement error of 0.72% with an average standard deviation of 0.042 g. The dispensing performance was influenced by the physical characteristics of each material, with salt producing larger errors than the other materials. Overall, the proposed system successfully performs automatic multi-material dispensing with good accuracy and stability.

Keywords: *Automatic Spice Dispensing, STM32F411CEU6, Raspberry Pi Zero 2W, Loadcell, Proportional Integral.*