



**RANCANG BANGUN SISTEM *ANTI-TILT SPREADER* BERBASIS
KENDALI PID DAN APLIKASI BLYNK PADA PROTOTIPE
*AUTOMATED RTG CRANE***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Disusun oleh:
Achmad Fauzan
40040622650036

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

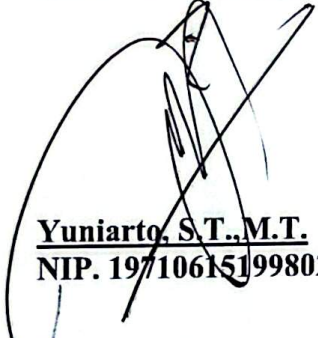
*RANCANG BANGUN SISTEM ANTI-TILT SPREADER BERBASIS KENDALI
PID DAN APLIKASI BLYNK PADA PROTOTYPE AUTOMATED RTG CRANE*

Diajukan oleh : Achmad Fauzan

NIM : 40040622650036

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH

Dosen Pembimbing,



Yuniarto, S.T., M.T.
NIP. 197106151998021001

Tanggal: 28 Agustus 2026

Mengetahui

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

Tanggal: 28 September 2026

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

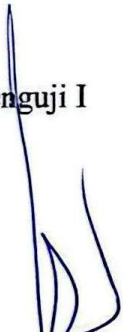
RANCANG BANGUN SISTEM ANTI-TILT SPREADER BERBASIS KENDALI PID DAN APLIKASI BLYNK PADA PROTOTIPE AUTOMATED RTG CRANE

Diajukan oleh : Achmad Fauzan
NIM : 40040622650036

Telah dipertahankan di depan dewan penguji pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 03 September 2022

Penguji I



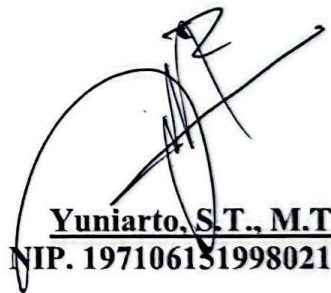
Arkhan Subari, S.T., M.Kom.
NIP. 197710012001121002

Penguji II



Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T.
NIP. 198908202019031012

Penguji III



Yuniarto, S.T., M.T.
NIP. 197106151998021001

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri
Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Fauzan
NIM : 40040622650036
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas
Diponegoro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem *Anti-Tilt Spreader* Berbasis
Kendali PID Dan Aplikasi Blynk Pada Prototipe
Automated RTG Crane

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul tugas akhir ini belum pernah diajukan sebelumnya untuk mendapatkan gelar keahlian di sebuah perguruan tinggi. Sejauh pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang saya rujuk secara tertulis dalam naskah ini dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia mendapat sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI. No.17 Tahun 2010 dan Undang Undang yang berlaku.

Semarang, 03 September 2026

Yang membuat pernyataan



Achmad Fauzan
NIM. 40040622650036

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan tugas akhir ini dengan penuh rasa syukur dan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat, kesehatan, kekuatan, dan kemudahan yang diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ayah dan Ibu, selaku kedua orang tua penulis, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, pengorbanan, dan kerja keras demi memberikan pendidikan dan masa depan terbaik bagi penulis. Hal ini menjadi inspirasi terkuat penulis untuk tumbuh menjadi pribadi yang sukses, bermanfaat, serta mampu membanggakan keluarga.
3. Kakak-kakak tersayang, Faizal Syardi, Maulani Nur Aulia Suha, terima kasih sudah selalu menjadi kakak sekaligus tempat belajar dan meminta semangat. Terima kasih untuk doa, perhatian, dan dukungan yang selalu diberikan.
4. Novi Chiquita Dewi Azizah selaku kekasih penulis Terima kasih atas segala doa, dukungan, kesabaran, perhatian, serta semangat yang tidak pernah putus, baik di saat penulis berada dalam kebahagiaan maupun ketika menghadapi berbagai kesulitan. Terima kasih telah mempercayai penulis untuk berbagi cerita, keluh kesah, dan air mata, serta tetap memperhatikan kesehatan penulis di dalam menyelesaikan pendidikan dan meraih gelar S.Tr.T bersama. Semoga segala usaha dan cita-cita yang sedang kita perjuangkan dimudahkan dan diberikan hasil terbaik oleh Allah SWT.
5. Teman seperjuangan Kontrakan Koncet, terima kasih sudah menemani penulis menjadi tempat bertukar cerita dan pikiran hingga mengeluh selama pengerjaan tugas akhir.
6. Serta kepada diri sendiri, terima kasih karena telah berusaha, bertahan, dan tidak menyerah dalam menghadapi setiap tantangan selama menempuh pendidikan hingga akhirnya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah memilih untuk terus melangkah meskipun tidak selalu mudah. Mungkin karya ini bukanlah hasil yang sempurna, tetapi semoga menjadi awal dari perjalanan baru yang penuh harapan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan

kemudahan, keberkahan, dan keberuntungan dalam setiap langkah, serta membuka jalan secepatnya untuk meraih *karier* yang bermanfaat, membanggakan kedua orang tua, dan membawa kebaikan di masa depan.

ABSTRAK

Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane banyak digunakan di pelabuhan untuk memindahkan kontainer, dengan operator yang bekerja pada kabin bertempat tinggi dan berisiko tinggi terhadap kecelakaan kerja, sehingga mendorong pengembangan sistem kendali otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT. Prototipe Automated RTG Crane sebelumnya masih memiliki kekurangan pada spreader yang hanya digerakkan satu motor pulley, sehingga menyebabkan kemiringan cukup besar ($\pm 18,47^\circ$). Penelitian ini merancang sistem Anti-Tilt berbasis PID melalui penambahan sensor MPU-6050, konversi tali dari dua menjadi empat titik gantung, dan motor pulley kedua yang dikendalikan independen untuk menjaga kesejajaran spreader secara real-time pada mode manual maupun otomatis via Blynk IoT. Tanpa PID, kemiringan mencapai peak $18,00^\circ$ dan RMS $5,213^\circ$. Dengan parameter optimal $K_p=12$, $K_i=0,5$, $K_d=0,2$, kemiringan turun menjadi $1,31^\circ$ (93%) dan RMS $0,461^\circ$ (91%), sekaligus 33–37% lebih cepat pada mode otomatis.

Kata kunci: RTG Crane, PID Anti-Tilt, MPU-6050, spreader, Blynk IoT

ABSTRACT

The Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane is widely used in ports to move containers, with operators working in elevated cabins facing high accident risk, driving the development of microcontroller- and IoT-based automated control systems. The previous Automated RTG Crane prototype had a limitation in its spreader, driven by a single pulley motor, resulting in significant tilt ($\pm 18.47^\circ$). This research designs a PID-based Anti-Tilt system through the addition of an MPU-6050 sensor, converting the rope from two to four suspension points, and an independently controlled second pulley motor to maintain the spreader's level position in real time, in manual and automatic modes via Blynk IoT. Without PID, tilt reached a peak of 18.00° and RMS of 5.213° . With optimal parameters $K_p=12$, $K_i=0.5$, $K_d=0.2$, tilt dropped to 1.31° (93%) and RMS to 0.461° (91%), while also running 33–37% faster in automatic mode.

Keywords: RTG Crane, PID Anti-Tilt, MPU-6050, spreader, Blynk IoT

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem *Anti-Tilt Spreader* Berbasis Kendali PID dan Aplikasi Blynk Pada Prototipe *Automated RTG Crane*” dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, kesehatan, kekuatan, serta kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, pengorbanan, dukungan, serta semangat yang tiada henti diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Yuniarto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, saran, dan bimbingan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta pelayanan akademik kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri angkatan 2022 yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, dan saling memberikan semangat selama menjalani perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir.

8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga proses penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi salah satu referensi bagi pembaca.

Semarang, 18 Agustus 2026

Achmad Fauzan

NIM 40040622650036

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir	4
1.4.1 Manfaat Teoritis	4
1.4.2 Manfaat Praktis	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Tugas Akhir	5
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Dasar Teori.....	10
2.2.1 <i>Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane</i>	10

2.2.2 Mikrokontroler	11
2.2.3 Arduino Mega 2560	12
2.2.4 Arduino IDE (<i>Intergrated Development Environtment</i>)	14
2.2.5 Aplikasi Blynk	15
2.2.6 Wemos S2 Mini ESP32-S2FN4R2	16
2.2.7 DC Geared Motor	18
2.2.8 Rotary Encoder	20
2.2.9 Motor Driver H-Bridge L298N.....	22
2.2.10 Motor Servo	24
2.2.11 Limit Switch.....	26
2.2.12 Power Supply	28
2.2.13 Modul Stepdown LM2596	30
2.2.14 Metode PID (<i>Proportional-Integral-Derivative</i>)	32
2.2.15 Sensor Gyro MPU-6050.....	34
2.2.16 Motor Driver TA6586.....	36
2.2.17 Sensor <i>Infrared</i>	38
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR	40
3.1 Metode Penyusunan	40
3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	41
3.2.2 Perancangan Rangkaian Skematika Alat	50
3.2.3 Skematik Catu Daya.....	51
3.2.4 Skematik Lolin S2 Mini ESP32	53
3.2.5 Skematik Motor <i>Gantry Crane</i>	55
3.2.6 Skematik Sensor <i>Gantry Crane</i>	58
3.2.7 Skematik <i>Pilot Lamp</i> dan <i>Buzzer</i>	60

3.3 Perancangan Software.....	63
3.3.1 Flowchart.....	63
3.3.2 Tuning PID.....	65
BAB IV PEMBUATAN ALAT.....	68
4.1 Pembuatan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	68
4.4.1 Alat dan Bahan.....	68
4.4.2 Pembuatan Rangkaian Elektrik.....	72
4.4.3 Pembuatan Perangkat Mekanik.....	75
4.2 Pembuatan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	79
4.2.1 Pemrograman pada Arduino IDE.....	79
4.2.2 Pembuatan Konfigurasi.....	83
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT.....	87
5.1 Prosedur dan Metode Pengujian.....	87
5.2 Pengujian Sensor MPU-6050.....	89
5.3 Pengujian Kemiringan <i>Spreader</i>	91
5.3.1 Tanpa PID.....	91
5.3.2 Menggunakan PID.....	92
5.4 Pengujian Kecepatan Respon Sistem.....	93
5.4.1 Mode Manual.....	94
5.4.2 Mode Otomatis.....	96
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
6.1 Kesimpulan.....	103
6.2 Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA.....	105
LAMPIRAN.....	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane</i>	10
Gambar 2. 2 Tampilan Arduino IDE	15
Gambar 2. 3 Wemos S2 Mini ESP32-S2FN4R2	17
Gambar 2. 4 Komponen Motor DC	19
Gambar 2. 5 Struktur Incremental Rotary Encoder	21
Gambar 2. 6 Struktur Absolute Rotary Encoder	22
Gambar 2. 7 Pin pada Motor Driver H-Bridge L298N	23
Gambar 2. 8 Komponen Motor Servo.....	25
Gambar 2. 9 Simbol dan Bentuk Fisik Limit Switch	27
Gambar 2. 10 Kontruksi dan Simbol Limit Switch.....	27
Gambar 2. 11 Blok Diagram Power Supply.....	29
Gambar 2. 12 Rangkaian Power Supply	30
Gambar 2. 13 Modul Step Down LM2596	30
Gambar 2. 14 Sensor Gyro MPU-6050.....	34
Gambar 2. 15 IC Motor Driver TA6586	37
Gambar 2. 16 Sensor Infrared	38
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem Kontrol.....	41
Gambar 3. 2 Proyeksi 3D Design.....	43
Gambar 3. 3 3D Design Isometrik	43
Gambar 3. 4 3D Design Tampak Kanan	44
Gambar 3. 5 3D Design Tampak Kiri	44
Gambar 3. 6 3D Design Tampak Atas	45
Gambar 3. 7 3D Design Tampak Bawah	45
Gambar 3. 8 3D Design Tampak Belakang	46
Gambar 3. 9 3D Design Tampak Depan	46
Gambar 3. 10 Trolley System	47
Gambar 3. 11 Spreader.....	48
Gambar 3. 12 Box Kontrol Tampak Luar	49
Gambar 3. 13 Box Kontrol Tampak Dalam	49

Gambar 3. 14 Diagram Blok Alat	50
Gambar 3. 15 Skematik Catu Daya.....	52
Gambar 3. 16 Rangkaian Catu Daya.....	52
Gambar 3. 17 Skematik Lolin S2 Mini ESP32	54
Gambar 3. 18 Rangkaian Lolin S2 Mini ESP32	54
Gambar 3. 19 Skematik Motor Gantry Crane	56
Gambar 3. 20 Rangkaian Motor Gantry Crane	56
Gambar 3. 21 Skematik Sensor Gantry Crane	59
Gambar 3. 22 Rangkaian Sensor Gantry Crane	59
Gambar 3. 23 Skematik Pilot Lamp dan Buzzer.....	61
Gambar 3. 24 Rangkaian Pilot Lamp dan Buzzer.....	61
Gambar 3. 25 Flowchart Sistem.....	63
Gambar 4. 1 Layout PCB.....	72
Gambar 4. 2 Penyetakan Layout PCB.....	73
Gambar 4. 3 Penyolderan Komponen PCB.....	74
Gambar 4. 4 Perakitan Komponen PCB	74
Gambar 4. 5 Pemotongan Aluminium Hollow	75
Gambar 4. 6 Perakitan Rangka Atas Gantry Crane.....	76
Gambar 4. 7 Pemasangan Komponen Pada Rangka	77
Gambar 4. 8 Penyambungan Kabel Antar Komponen.....	77
Gambar 4. 9 Hasil Akhir Prototipe Bagian Bawah	78
Gambar 4. 10 Hasil Akhir Prototipe Bagian Atas.....	78
Gambar 4. 11 Program Utama Mikrokontroler.....	80
Gambar 4. 12 Modul Kendali PID Anti-Tilt.....	80
Gambar 4. 13 Program Mode Manual	81
Gambar 4. 14 Program Mode Otomatis	82
Gambar 4. 15 Program Mode Homepage	82
Gambar 4. 16 Program Modul Wi-Fi LOLIN S2 Mini.....	83
Gambar 4. 17 Proses Kompilasi dan Unggah Program.....	83
Gambar 4. 18 Pembuatan Template Baru Pada Blynk IoT	84
Gambar 4. 19 Tampilan Widget Blynk IoT	86

Gambar 5. 1 Pengujian Kecepatan Respon Manual (Trolley)	94
Gambar 5. 2 Pengujian Kecepatan Respon Manual (Spreader).....	94
Gambar 5. 3 Pengujian Kecepatan Respon Manual (Gantry)	95
Gambar 5. 4 Posisi Homebase Kontainer	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2 – 1 Spesifikasi Arduino MEGA 2560	13
Tabel 2 – 2 Spesifikasi WeMos S2 Mini ESP32-S2FN4R2	17
Tabel 2 – 3 Spesifikasi DC Geared Motor YGY6138-R528C.....	20
Tabel 2 – 4 Spesifikasi Teknis Motor Driver H-Bridge L298N	23
Tabel 2 – 5 Spesifikasi Servo TowerPro MG996R.....	26
Tabel 2 – 6 Spesifikasi Modul Step Down LM2569	31
Tabel 2 – 7 Spesifikasi Sensor MPU-6050	35
Tabel 2 - 8 Spesifikasi IC Motor Driver TA6586	37
Tabel 2 - 9 Spesifikasi Sensor Infrared	39
Tabel 3 - 1 Pin Rangkaian Catu Daya	53
Tabel 3 - 2 Pin Rangkaian Lolin S2 Mini ESP32	55
Tabel 3 - 3 Pin Rangkaian Motor Gantry Crane	57
Tabel 3 - 4 Pin Rangkaian Sensor Gantry Crane	60
Tabel 3 - 5 Pin Pilot Lamp dan Buzzer	62
Tabel 3 - 6 Hasil Tuning PID Pada Gantry Crane	66
Tabel 4 - 1 Daftar Alat Pembuatan Perangkat Keras (Hardware).....	69
Tabel 4 - 2 Daftar Bahan Pembuatan Perangkat Keras (Hardware)	69
Tabel 4 - 3 Datastream Virtual Pin Blynk.....	84
Tabel 5 - 1 Parameter Pengukuran Percobaan Alat.....	88
Tabel 5 - 2 Arti Indikator Buzzer	90
Tabel 5 - 3 Hasil Percobaan Sensor MPU-6050	90
Tabel 5 - 4 Tabel Pengukuran Kemiringan Spreader Awal	92
Tabel 5 - 5 Hasil Pengujian Menggunakan PID	93
Tabel 5 - 6 Data Pengujian Kecepatan Respon Manual.....	95
Tabel 5 - 7 Data Pengujian Kecepatan Mode Otomatis	97
Tabel 5 - 8 Hasil Penempatan Kontainer Mode Otomatis	99

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Utama Gantry Crane	108
Lampiran 2. Program Mode Otomatis	121
Lampiran 3. Program Mode Home	127
Lampiran 4. Program Mode Manual	130
Lampiran 5. Program Kontrol PID	132
Lampiran 6. Program Lolin S2 Mini ESP32	136
Lampiran 7. Wiring Rangkaian Alat	140
Lampiran 8. Skematik PCB	141
Lampiran 9. Desain Layout PCB	142
Lampiran 10. Datasheet Arduino Mega 2560	143
Lampiran 11. Datasheet Lolin S2 Mini ESP32	153
Lampiran 12. Datasheet Motor DC Geared (YGY6138-R528C)	154
Lampiran 13. Datasheet Motor DC Geared (25GA370)	155
Lampiran 14. Datasheet Limit Switch	156
Lampiran 15. Datasheet Infrared Sensor	157
Lampiran 16. Datasheet Gyro Sensor MPU-6050	158
Lampiran 17. Datasheet Modul Step Down LM2596	160
Lampiran 18. Datasheet Servo Metal Gear	165
Lampiran 19. Datasheet Buzzer	166