



RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 4 DOF (*DEGREE OF FREEDOM*) UNTUK *PICK AND PLACE* BERBASIS STM32 DENGAN SISTEM KENDALI MELALUI HMI *NEXTION*

LAPORAN TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Ihsanuddin Purnomo

40040321650006

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 4 DOF (*DEGREE OF FREEDOM*)
UNTUK *PICK AND PLACE* BERBASIS STM32 DENGAN SISTEM KENDALI
MELALUI HMI *NEXTION*

Diajukan oleh :

Ihsanuddin Purnomo

40040321650006

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

DOSEN PEMBIMBING



Megarini Hersaputri, S.T., M.T.
NIP. 198902142020122012

Tanggal: 5 November 2025

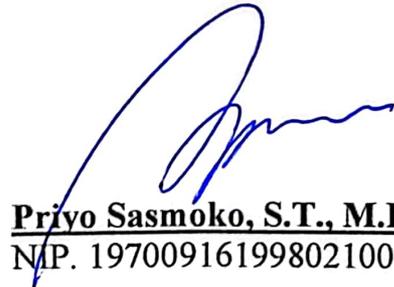
Mengetahui,

Ketua

Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



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

Tanggal: 5 November 2025

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 4 DOF (*DEGREE OF FREEDOM*)
UNTUK *PICK AND PLACE* BERBASIS STM32 DENGAN SISTEM KENDALI
MELALUI HMI *NEXTION*

Disusun oleh :

Ihsanuddin Purnomo
NIM 40040321650006

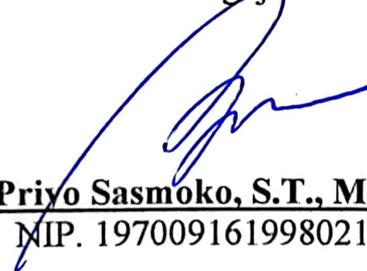
Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Kamis, 6 November 2025

Tim Penguji,
Dosen Pembimbing



Megarini Hersaputri, S.T, M.T.
NIP. 198902142020122012

Penguji I



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

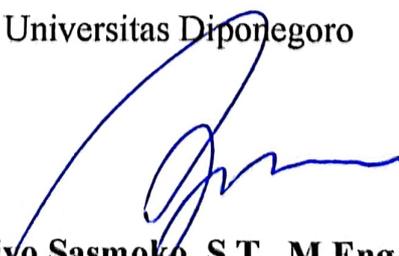
Penguji II



Rofiq Cahyo Prayogo, S.T., M.T.
NIP. 199505292024061001

Mengetahui

Ketua Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ihsanuddin Purnomo

NIM : 40040321650006

Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi

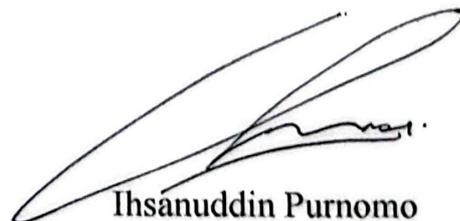
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Lengan Robot 4 Dof (*Degree Of Freedom*)
Untuk *Pick and Place* Berbasis STM32 Dengan Sistem
Kendali Melalui HMI *Nextion*

Dengan ini menyatakan bahwa 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 ini ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu 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, 6 November 2025

Penulis


Ihsanuddin Purnomo

KATA PENGANTAR

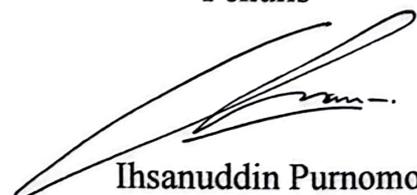
Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Lengan Robot 4 Dof (*Degree Of Freedom*) Untuk *Pick and Place* Berbasis STM32 Dengan Sistem Kendali Melalui HMI *Nextion*”. Tersusunnya laporan ini tentu tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan ridho dan barokah-Nya sehingga dapat terselesaikannya laporan ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
3. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
4. Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Otomasi.
5. Megarini Hersaputri, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, dan memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir.
6. Teman - teman kontrakan Pati, yang telah membantu berkontribusi dan menjadi teman diskusi penulis.
7. Teman-teman Teknologi Rekayasa Otomasi Angkatan 2021 yang sudah memberikan dukungan dan semangat dalam menyusun Laporan Tugas Akhir.

Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Semarang, 6 November 2025

Penulis



Ihsanuddin Purnomo

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....	xvi
INTISARI.....	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.4. Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.5. Pembatasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Tugas Akhir.....	5
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.2. Lengan Robot.....	7
2.2.1. Batang (<i>Link</i>).....	7
2.2.2. Sendi (<i>Joint</i>).....	7
2.2.3. End-effector.....	7
2.3. DOF (<i>Degree Of Freedom</i>) dan Metode <i>Invers Kinematics</i>	8
2.3.1. Sudut pandang tampak atas.....	8
2.3.2. Sudut pandang tampak samping.....	9
2.4. STM32F411CEU6.....	11
2.5. Perangkat Lunak STM32F411CEU6.....	13

2.5.1. STM32CubeMX.....	13
2.5.2. STM32CubeIDE	14
2.5.3. STM32 ST-LINK Utility.....	15
2.6. Protokol Komunikasi UART	16
2.7. Raspberry Pi 5.....	16
2.8. Motor Servo SG90	18
2.9. Motor Servo MG996R	19
2.10. <i>Power Supply</i> 12V 10A	21
2.11. Modul <i>Stepdown</i> XL4016.....	22
2.12. Sensor <i>Proximity Infrared</i> E18-D80NK.....	23
2.13. HMI <i>Nextion</i> NX4827K043.....	25
2.14. Torsi Lengan Robot	26
2.15. <i>Hollow Galvanis Steel</i>	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1. Diagram Blok Komponen	28
3.2. <i>Flowchart</i>	30
3.2.1. <i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem.....	30
3.2.2. <i>Flowchart</i> Sistem Otomatis.....	31
3.2.3. <i>Flowchart</i> Sistem Manual.....	32
3.3. Gambar 3D.....	33
3.4. Desain Rangkaian Elektrikal.....	35
3.5. Spesifikasi dan Fitur	36
3.6. Teknik Fabrikasi	37
3.6.1. Alat dan Bahan.....	37
3.6.2. Perancangan Perangkat Keras	38
3.6.3. Perancangan Perangkat Elektrikal.....	39
3.6.4. Perancangan Posisi Gerak Lengan Robot	40
3.6.5. Perencanaan Tampilan HMI <i>Nextion</i> NX4827K043	53
3.6.6. Perancangan Kode Pemrograman Sistem	58
3.7. Metode Pengujian dan Analisa	63

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	64
4.1. Hasil Pengujian <i>Power Supply</i> 12VDC 10A dan <i>Stepdown</i> XL4016.....	64
4.2. Hasil Pengujian Mikrokontroler STM32F411CEU6	65
4.3. Hasil Pengujian Sensor Infrared E18 D80NK	65
4.4. Hasil Pengujian Motor Servo.....	66
4.5. Hasil Pengujian HMI Nextion NX4827K043.....	68
4.6. Hasil Pengujian Serial Komunikasi UART	68
4.7. Pendeteksian Tiga Barang.....	70
4.8. Pengujian <i>Invers Kinematics</i> Keseluruhan Posisi Lengan Robot.....	71
4.8.1. Koordinat Pendeteksian Barang Cacat 1	71
4.8.2. Koordinat Pendeteksian Barang Cacat 2.....	76
4.8.3. Koordinat Pendeteksian Barang Cacat 3.....	81
4.8.4. Koordinat Pengambilan Barang Cacat 1	86
4.8.5. Koordinat Pengambilan Barang Cacat 2	91
4.8.6. Koordinat Pengambilan Barang Cacat 3	96
4.8.7. Koordinat Pelepasan Barang Cacat.....	101
4.9. Analisa Pengujian	107
BAB V PENUTUP.....	109
5.1. Kesimpulan	109
5.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Lengan Robot.....	7
Gambar 2.2. Sudut Pandang Tampak Atas Untuk Mencari θ_0	8
Gambar 2.3. Sudut Pandang Tampak Samping Untuk Mencari θ_1	9
Gambar 2.4. Sudut Pandang Tampak Samping Untuk Mencari θ_2	10
Gambar 2.5. Sudut Pandang Tampak Samping Untuk Mencari θ_3	11
Gambar 2.6. Pinout STM32F411CEU6	12
Gambar 2.7. ST-Link V2.....	13
Gambar 2.8. Tampilan <i>Software</i> STM32CubeMx.....	14
Gambar 2.9. Tampilan <i>software</i> STM32CubeIDE.....	15
Gambar 2.10. Tampilan <i>Software</i> STM32 ST-LINK Utility.....	15
Gambar 2.11. Serial Komunikasi UART.....	16
Gambar 2.12. Raspberry Pi 5.....	17
Gambar 2.13 Motor Servo SG90	18
Gambar 2.14. Bagian Motor Servo.....	19
Gambar 2.15. Lebar Pulsa dan Putaran Motor Servo	20
Gambar 2.16. (a) dan (b) Power Supply dan Skematiknya	21
Gambar 2.17. Modul <i>Stepdown</i> XL4016.....	22
Gambar 2.18. Skematik Modul <i>Stepdown</i> XL4016.....	22
Gambar 2.19. (a) dan (b) Sensor Infrared E18-D80NK dan Diagram Bloknnya..	24
Gambar 2.20. Nextion NX4827K043	25
Gambar 2.21. Hollow Galvanis Steel	27
Gambar 3.1. Diagram Blok Komponen.....	28
Gambar 3.2. <i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem.....	30
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Sistem Otomatis	31
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> Sistem Manual.....	32
Gambar 3.5. Desain 3D Lengan Robot.....	33
Gambar 3.6. Desain 3D Detail Bagian Lengan Robot	34
Gambar 3.7. Desain Rangkaian Elektrikal Lengan Robot.....	35
Gambar 3.8. Rangkaian Elektrik Lengan Robot.....	39

Gambar 3.9. PCB Komponen Elektrikal	40
Gambar 3.10. (a). Tampak Samping (b) Tampak Atas Lengan Robot Posisi Awal	41
Gambar 3.11. (a). Tampak Samping (b) Tampak Atas Lengan Robot Posisi Deteksi Barang Cacat 1	43
Gambar 3.12. (a). Tampak Samping (b) Tampak Atas Lengan Robot Posisi Deteksi Barang Cacat 2	44
Gambar 3.13. (a). Tampak Samping (b) Tampak Atas Lengan Robot Posisi Deteksi Barang Cacat 3	46
Gambar 3.14. (a). Tampak Samping (b) Tampak Atas Lengan Robot Posisi Pengambilan Barang 1	47
Gambar 3.15. (a). Tampak Samping (b) Tampak Atas Lengan Robot Posisi Pengambilan Barang 2	49
Gambar 3.16. (a). Tampak Samping (b) Tampak Atas Lengan Robot Posisi Pengambilan Barang 3	51
Gambar 3.17. (a). Tampak Samping (b) Tampak Atas Lengan Robot Posisi Pelepasan Barang Cacat ke <i>Garbage Box</i>	52
Gambar 3.18. Tampilan Nextion Page0	54
Gambar 3.19. Tampilan Nextion Page1	54
Gambar 3.20. Tampilan Nextion Page7	54
Gambar 3.21. Tampilan Nextion Page8	55
Gambar 3.22. Tampilan Nextion Page9	55
Gambar 3.23. Tampilan Nextion Page2	56
Gambar 3.24. Tampilan Nextion Page3	56
Gambar 3.25. (a). Deteksi1 page10 (b). Deteksi2 page11 (c). Deteksi3 page12. Tampilan Nextion Koordinat Deteksi	56
Gambar 3.26. (a). Ambil1 page13 (b). Ambil2 page14 (c). Ambil3 page15. Tampilan Nextion Koordinat Pengambilan Barang Cacat.....	57
Gambar 3.27. Tampilan Nextion Page6	57
Gambar 3.28. Tampilan Konfigurasi pin dan <i>peripheral</i> Baru	59

Gambar 3.29. Tampilan konfigurasi pin <i>peripheral</i> STM32CubeMX.....	59
Gambar 3.30. Program Pengoperasian Sensor Infrared E18 D80NK	60
Gambar 3.31. Program Pengoperasian Motor Servo dan HMI Nextion	61
Gambar 3.32. Program Pengoperasian Konfigurasi Raspberry Pi 5 via UART2	63
Gambar 4.1. Pengujian Power Supply dan XL4016.....	64
Gambar 4.2. Pengujian Jarak pada Sensor Infrared E18 D80NK	66
Gambar 4.3. Pengujian Sudut Motor Servo.....	67
Gambar 4.4. Hasil Pengujian HMI Nextion NX4827K043.....	68
Gambar 4.5. Pengujian Serial Komunikasi UART.....	69
Gambar 4.6. (a) Sebelum dan (b) Sesudah Pendeteksian Ketiga Barang.....	70
Gambar 4.7. Hasil Pendeteksian Barang Cacat 1	71
Gambar 4.8. Hasil Perbandingan Koordinat X Deteksi 1.....	72
Gambar 4.9. Hasil Perbandingan Koordinat Y Deteksi 1.....	74
Gambar 4.10. Hasil Perbandingan Koordinat Z Deteksi 1	75
Gambar 4.11. Hasil Pendeteksian Barang Cacat 2	76
Gambar 4.12. Hasil Perbandingan Koordinat X Deteksi 2.....	77
Gambar 4.13. Hasil Perbandingan Koordinat Y Deteksi 2.....	79
Gambar 4.14. Hasil Perbandingan Koordinat Z Deteksi 2	80
Gambar 4.15. Hasil Pendeteksian Barang Cacat 3	81
Gambar 4.16. Hasil Perbandingan Koordinat X Deteksi 3.....	82
Gambar 4.17. Hasil Perbandingan Koordinat Y Deteksi 3.....	84
Gambar 4.18. Hasil Perbandingan Koordinat Z Deteksi 3	85
Gambar 4.19. (a) Otomatis dan (b) Manual Tampilan HMI Deteksi Barang Cacat	86
Gambar 4.20. Hasil Pengambilan Barang Cacat 1	87
Gambar 4.21. Hasil Perbandingan Koordinat X Ambil 1.....	88
Gambar 4.22. Hasil Perbandingan Koordinat Y Ambil 1.....	89
Gambar 4.23. Hasil Perbandingan Koordinat Z Ambil 1	90
Gambar 4.24. Hasil Pengambilan Barang Cacat 2	91
Gambar 4.25. Hasil Perbandingan Koordinat X Ambil 2.....	93

Gambar 4.26. Hasil Perbandingan Koordinat Y Ambil 2.....	94
Gambar 4.27. Hasil Perbandingan Koordinat Z Ambil 2.....	95
Gambar 4.28. Hasil Pengambilan Barang Cacat 3	96
Gambar 4.29. Hasil Perbandingan Koordinat X Ambil 3.....	98
Gambar 4.30. Hasil Perbandingan Koordinat Y Ambil 3.....	99
Gambar 4.31. Hasil Perbandingan Koordinat Z Ambil 3	100
Gambar 4.32. Hasil Pelepasan Barang Cacat ke <i>Garbage box</i>	101
Gambar 4.33. Hasil Perbandingan Koordinat X Pelepasan Barang Cacat	103
Gambar 4.34. Hasil Perbandingan Koordinat Y Pelepasan Barang Cacat	104
Gambar 4.35. Hasil Perbandingan Koordinat Z Pelepasan Barang Cacat.....	105
Gambar 4.36. (a) Otomatis dan (b) Manual Jumlah Barang Cacat <i>Garbage Box</i>	106
Gambar 4.37. (a) Otomatis dan (b) Manual Notifikasi Garbage Box Penuh	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tinjauan Pustaka	6
Tabel 2.2. Spesifikasi STM32F411CEU6	13
Tabel 2.3. Spesifikasi Raspberry Pi 5.....	17
Tabel 2.4. Spesifikasi Motor Servo SG90	19
Tabel 2.5. Spesifikasi Motor Servo MG996R.....	20
Tabel 2.6. Spesifikasi <i>Power Supply</i> 12V 10A	21
Tabel 2.7. Spesifikasi <i>Stepdown</i> XL4016	23
Tabel 2.8. Spesifikasi Sensor Infrared E18-D80NK	24
Tabel 2.9. Spesifikasi Nextion NX4827K043	25
Tabel 3.1. Konfigurasi Pin pada STM32F411CEU6.....	36
Tabel 3.2. Alat dan Bahan	37
Tabel 3.3. Perencanaan Komponen Mekanik.....	38
Tabel 3.4. Konsumsi Daya Setiap Komponen	40
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Power Supply dan XL4016.....	64
Tabel 4.2. Pengujian Fungsional STM32F411CEU6.....	65
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Jarak pada Sensor Infrared E18 D80NK.....	66
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Sudut Motor Servo.....	67
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Serial Komunikasi UART	69
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Pendeteksian Tiga Barang.....	70
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Koordinat X Deteksi1	71
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Koordinat Y Deteksi1	73
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Koordinat Z Deteksi1	74
Tabel 4.10. Perbandingan Masukkan HMI dan Pengukuran Deteksi 1	76
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Koordinat X Deteksi 2	76
Tabel 4.12. Hasil Pengujian Koordinat Y Deteksi 2	78
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Koordinat Z Deteksi 2.....	79
Tabel 4.14. Perbandingan Masukkan HMI dan Pengukuran Deteksi 2	81
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Koordinat X Deteksi 3	81
Tabel 4.16. Hasil Pengujian Koordinat Y Deteksi 3	83

Tabel 4.17. Hasil Pengujian Koordinat Z Deteksi 3.....	84
Tabel 4.18. Perbandingan Masukkan HMI dan Pengukuran Deteksi 3	86
Tabel 4.19. Hasil Pengujian Koordinat X Ambil 1	87
Tabel 4.20. Hasil Pengujian Koordinat Y Ambil 1	88
Tabel 4.21. Hasil Pengujian Koordinat Z Ambil 1.....	89
Tabel 4.22. Perbandingan Masukkan HMI dan Pengukuran Ambil 1	91
Tabel 4.23. Hasil Pengujian Koordinat X Ambil 2	92
Tabel 4.24. Hasil Pengujian Koordinat Y Ambil 2	93
Tabel 4.25. Hasil Pengujian Koordinat Z Ambil 2.....	94
Tabel 4.26. Perbandingan Masukkan HMI dan Pengukuran Ambil 2	96
Tabel 4.27. Hasil Pengujian Koordinat X Ambil 3	97
Tabel 4.28. Hasil Pengujian Koordinat Y Ambil 3	98
Tabel 4.29. Hasil Pengujian Koordinat Z Ambil 3.....	99
Tabel 4.30. Perbandingan Masukkan HMI dan Pengukuran Ambil 3	101
Tabel 4.31. Hasil Pengujian Koordinat X Pelepasan Barang Cacat.....	102
Tabel 4.32. Hasil Pengujian Koordinat Y Pelepasan Barang Cacat.....	103
Tabel 4.33. Hasil Pengujian Koordinat Z Pelepasan Barang Cacat	104
Tabel 4.34. Perbandingan Masukkan HMI dan Pengukuran Pelepasan Barang Cacat.....	106

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Datasheet</i> STM32F411CEU6.....	114
Lampiran 2. <i>Datasheet</i> Motor Servo MG996R.....	115
Lampiran 3. <i>Datasheet</i> Motor Servo SG90.....	116
Lampiran 4. <i>Datasheet</i> <i>Stepdown</i> XL4016	117
Lampiran 5. <i>Datasheet</i> Sensor Proximity Infrared E18-D80NK.....	119
Lampiran 6. <i>Datasheet</i> HMI Nextion NX4827K043	120
Lampiran 7. Percobaan Sistem dengan <i>Wiring Jumper</i>	124
Lampiran 8. Cetak Lengan Robot Menggunakan <i>3D Printing</i>	124
Lampiran 9. Pembuatan Skematik PCB Komponen Elektrik	125
Lampiran 10. Pembuatan PCB Komponen Elektrik	125
Lampiran 11. Program Keseluruhan Sistem STM32F411CEU6	125

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Definisi
AC	<i>Alternating Current</i>
ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i>
BAM	<i>Batch Acquisition Mode</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DoF	<i>Degree of Freedom</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
FPU	<i>Floating Point Unit</i>
GPIO	<i>General-Purpose Input/Output</i>
GPU	<i>Graphics Processing Unit</i>
HMI	<i>Human-Machine Interface</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IKI	Indeks Kepercayaan Industri
IoT	<i>Internet of Things</i>
IR	<i>Infrared</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MIPI	<i>Mobile Industry Processor Interface</i>
Nm	<i>Newton meter</i>
OTG	<i>On-The-Go</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PCIe	<i>Peripheral Component Interconnect Express</i>
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
PMI	<i>Purchasing Manager Index</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RTC	<i>Real-Time Clock</i>

Singkatan	Definisi
RX	<i>Receive</i>
SMPS	<i>Switched Mode Power Supply</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
SWD	<i>Serial Wire Debug</i>
TFT	<i>Thin-Film Transistor</i>
TIM	<i>Timer</i>
TX	<i>Transmit</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
USART	<i>Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter</i>

Simbol	Definisi	Satuan
α_1	Sudut pertama dari total sudut θ_1 (<i>shoulder</i>)	°
α_2	Sudut kedua dari total sudut θ_1 (<i>shoulder</i>)	°
β_1	Sudut pertama dari total sudut θ_3 (<i>wrist</i>)	°
β_2	Sudut kedua dari total sudut θ_3 (<i>wrist</i>)	°
θ_0	Nilai sudut pertama (<i>joint base</i>)	°
θ_1	Nilai sudut kedua (<i>joint shoulder</i>)	°
θ_2	Nilai sudut ketiga (<i>joint elbow</i>)	°
θ_3	Nilai sudut keempat (<i>joint wrist</i>)	°
τ	Torsi	Nm
η	Efisiensi	%
a	Nilai panjang lengan robot dari tampak atas	cm
b	Nilai panjang lengan robot pada sumbu x dari tampak samping	cm
c	Nilai panjang garis imajiner dari <i>joint shoulder</i> ke <i>joint wrist</i>	cm
F	Besaran gaya pada benda	N
g	Percepatan gaya gravitasi	m/s ²

Simbol	Definisi	Satuan
I_{in}	Arus masukan (<i>Input Current</i>)	A
I_{out}	Arus keluaran (<i>Output Current</i>)	A
J_1, J_2, J_3, J_4	Penanda untuk setiap sendi (<i>joint</i>) pada lengan robot	°
l_1	Nilai panjang lengan pertama (<i>link shoulder</i>)	cm
l_2	Nilai panjang lengan kedua (<i>link elbow</i>)	cm
l_3	Nilai panjang lengan ketiga (<i>link wrist</i>)	cm
m	Massa benda	Kg
P_{in}	Daya masukan (<i>Input Power</i>)	W
P_{out}	Daya keluaran (<i>Output Power</i>)	W
r	Jarak dari titik putar ke titik di mana gaya diterapkan	m
R	Hambatan (Resistor)	Ω
V_{in}	Tegangan masukan (<i>Input Voltage</i>)	V
V_{out}	Tegangan keluaran (<i>Output Voltage</i>)	V
x	Nilai panjang lengan robot pada sumbu x	cm
y	Nilai panjang lengan robot pada sumbu y	cm
z	Nilai panjang lengan robot pada sumbu z	cm

INTISARI

RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 4 DOF (*DEGREE OF FREEDOM*) UNTUK *PICK AND PLACE* BERBASIS STM32 DENGAN SISTEM KENDALI MELALUI HMI *NEXTION*

Ihsanuddin Purnomo

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Penelitian ini membahas rancang bangun lengan robot 4 DOF berbasis mikrokontroler STM32F411CEU6 dengan sistem kendali melalui HMI Nextion. Lengan robot dirancang untuk melakukan proses *pick and place* sekaligus mendeteksi barang cacat secara otomatis. Sistem menggunakan motor servo MG996R dan SG90 sebagai aktuator, sensor *proximity* infrared E18-D80NK sebagai pendeteksi objek, serta Raspberry Pi 5 sebagai pengirim data koordinat ke STM32. Perhitungan sudut setiap *joint* dilakukan menggunakan metode *inverse kinematics* untuk memastikan posisi *end-effector* akurat sesuai target. Hasil pengujian menunjukkan bahwa catu daya berbasis modul *stepdown* XL4016 mampu menjaga kestabilan tegangan 5V, sensor infrared bekerja optimal pada jarak 2–4 cm, dan motor servo merespons sinyal PWM dengan *error* sudut $\pm 1-2^\circ$. Implementasi *inverse kinematics* juga terbukti akurat dengan tingkat *error* rata-rata 0,04%–1%. Seluruh sistem berhasil mendeteksi, mengambil, dan meletakkan barang cacat ke dalam *garbage box*, serta menampilkan jumlah objek secara *real-time* pada HMI hingga batas maksimal empat barang. Dengan demikian, prototipe ini berfungsi sesuai rancangan dan berpotensi diterapkan untuk mendukung otomatisasi proses industri berskala kecil dan menengah.

Kata Kunci: Lengan Robot, STM32, *Invers Kinematics*, HMI Nextion.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF 4 DOF (*DEGREE OF FREEDOM*) ROBOTIC ARM FOR PICK AND PLACE SYSTEM BASED ON STM32 WITH HMI NEXTION CONTROL

Ihsanuddin Purnomo

Automation Engineering, Vocational School, Diponegoro University

This research presents the design and development of a 4-DOF robotic arm based on the STM32F411CEU6 microcontroller with a control interface implemented using an HMI Nextion display. The robotic arm is designed to perform automated pick-and-place operations while detecting defective items in real time. The system utilizes MG996R and SG90 servo motors as actuators, an E18-D80NK infrared proximity sensor for object detection, and a Raspberry Pi 5 for transmitting coordinate data to the STM32 controller. Joint angle calculations are performed using an inverse kinematics method to ensure accurate positioning of the end-effector. Experimental results show that the power supply using an XL4016 step-down module maintains stable 5V output, the infrared sensor operates optimally at a distance of 2–4 cm, and the servo motors respond to PWM signals with an angular error of $\pm 1-2^\circ$. The implementation of inverse kinematics also demonstrates high accuracy, with an average error ranging from 0.04% to 1%. The integrated system successfully detects, picks, and places defective items into a garbage box, while the HMI displays the item count in real time with a maximum capacity of four objects. These results indicate that the developed prototype functions as intended and has strong potential for applications in small- and medium-scale industrial automation.

Keyword: Robotic Arm, STM32, Inverse Kinematics, HMI Nextion.