



**RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 2-DOF SEBAGAI ALAT
PENYIRAM TANAMAN**

SKRIPSI

**STEVEN SANJAYA
2210311007**

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2026



**RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 2-DOF SEBAGAI ALAT
PENYIRAM TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**STEVEN SANJAYA
2210311007**

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Steven Sanjaya
NIM : 2210311007
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 2-DOF
SEBAGAI ALAT PENYIRAM TANAMAN

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

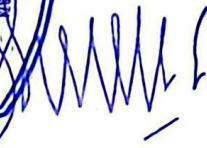


Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng
Penguji Utama



Nicky Yongkimandalan, S.T., M.M., M.T.

Penguji Lembaga



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T., M.T., IPM

Dekan Fakultas Teknik



Muhammad Arifudin Lukmana S.T, M.T.

Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.,

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 21 Juli 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Steven Sanjaya
NIM : 2210311007
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 2-DOF
SEBAGAI ALAT PENYIRAM TANAMAN

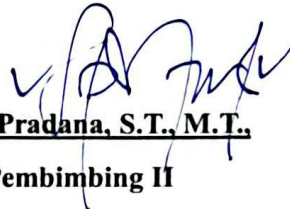
Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Menyetujui,

Muhammad Arifudin Lukmana S.T, M.T

Pembimbing I



Sigit Pradana, S.T., M.T.,

Pembimbing II



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.,

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Steven Sanjaya

NIM : 2210311007

Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 21 Juli 2026

Yang menyatakan,



Steven Sanjaya

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Steven Sanjaya

NIM : 2210311007

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 2-DOF SEBAGAI ALAT PENYIRAM TANAMAN”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*Database*), Merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 21 Juli 2026

Yang menyatakan



Steven Sanjaya

RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 2-DOF SEBAGAI ALAT PENYIRAM TANAMAN

Steven Sanjaya

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan menerapkan mekanisme manipulator lengan robot 2 *Degree of Freedom (DOF)* sebagai solusi otomatisasi untuk sistem perawatan tanaman, terutama untuk meningkatkan efisiensi penyiraman. Pengembangan sistem ini bertujuan untuk menghadirkan perangkat penyiram otomatis yang fokus pada akurasi pergerakan, fleksibilitas area kerja, dan portabilitas perangkat. Fokus utama dari riset ini mencakup desain mekanis lengan robot 2-DOF, integrasi sistem transmisi roda gigi sabuk (*belt drive*), dan penyusunan sistem kendali berbasis mikrokontroler. Evaluasi kinerja sistem dilakukan melalui tiga tahap utama. Tahap pertama adalah Pengujian Akurasi, yang menganalisis akurasi posisi. Tahap kedua, Pengujian Luas Jangkauan Penyiraman, memvalidasi radius operasional di lapangan. Tahap ketiga, Pengujian Massa, mengukur berat total unit untuk menilai portabilitas perangkat. Hasil Pengujian Akurasi menunjukkan adanya selisih spasial (*error*) konstan di sumbu Y, berkisar antara 1,09 cm sampai 3,15 cm. Pola penyimpangan yang stabil ini mengonfirmasi tingkat keberulangan (*repeatability*) posisi yang tinggi. Pengujian Luas Jangkauan menggunakan *CAD SolidWorks* menghasilkan total luas ruang kerja sebesar 34,96 cm². Luas operasional efektif mencapai 29,48 cm². Ini divalidasi secara fungsional menggunakan pompa air diafragma R385 pada sudut 30°, 60°, dan 90°, dan berhasil tepat pada sasaran. Sementara itu, Pengujian Massa mencatat bobot total riil perangkat sebesar 2974,5 gram (2,9745 kg). Ini menunjukkan bahwa penggunaan material cetak 3D berhasil menciptakan struktur lengan yang ringan, aman dari beban torsi berlebih, dan portabel untuk sistem penyiraman tanaman yang dinamis.

Kata kunci: *Lengan Robot 2-DOF, Penyiraman Tanaman, Akurasi Posisi, Luas Jangkauan, Portabel.*

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A 2-DOF ROBOTIC ARM FOR PLANT WATERING DEVICE

Steven Sanjaya

ABSTRACT

This research designs and implements a 2 Degree of Freedom (DOF) robotic arm manipulator mechanism as an automation solution for plant care systems, specifically to enhance watering efficiency. The development of this system aims to deliver an automatic watering device focusing on movement accuracy, workspace flexibility, and device portability. The primary focus of this study encompasses the mechanical design of the 2-DOF robotic arm, the integration of a belt drive transmission system, and the formulation of a microcontroller-based control system. System performance evaluation was conducted through three main phases: Precision Testing to analyze positional accuracy, Watering Range Testing to validate the operational radius in the field, and Mass Testing to measure the total unit weight as a benchmark for device portability. The Precision Testing results indicated a constant spatial deviation (error) on the Y-axis ranging from 1,09 cm to 3,15 cm, where this stable deviation pattern confirms a high level of positional repeatability. Workspace analysis via CAD SolidWorks generated a total workspace area of 34,96 cm² with an effective operational area of 29,48 cm², which was functionally validated using an R385 diaphragm water pump at angles of 30°, 60°, and 90° precisely on the intended targets. Meanwhile, Mass Testing recorded the actual total weight of the device at 2.974,5 grams (2.9745 kg), demonstrating that the utilization of 3D-printed materials successfully created a lightweight arm structure, safe from excessive torque loads, and highly portable for dynamic plant watering systems.

Keywords: 2-DOF Robotic Arm, Plant Watering, Positional Accuracy, Workspace, Portable.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat, berkah, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT 2-DOF SEBAGAI ALAT PENYIRAM TANAMAN” ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penyusunan tugas akhir ini dilakukan demi memenuhi salah satu persyaratan dalam meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam merampungkan seluruh rangkaian penelitian hingga menjadi draf skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, arahan, serta sokongan moral dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua Orang Tua Tercinta, sebagai pilar kekuatan dan motivator utama dalam hidup penulis. Terima kasih atas curahan kasih sayang yang tak terbatas, untaian doa yang tiada putus, serta pengorbanan materi maupun moril yang senantiasa menyertai setiap langkah perjalanan akademis penulis;
2. Saudara-Saudara Kandung, yang selalu memberikan keceriaan, kehangatan keluarga, serta dukungan moral yang berharga sehingga penulis tetap konsisten dan bersemangat dalam menyelesaikan masa studi ini;
3. Ir. Fahrudin, S.T., M.T., Kepala Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta;
4. Bapak Muhammad Arifudin Lukmana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Pertama. Penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kelonggaran waktu, kesabaran yang luar biasa, serta transfer ilmu dan arahan taktis yang telah Bapak berikan sejak awal perencanaan hingga penelitian ini selesai;
5. Bapak Sigit Pradana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua. Terima kasih yang mendalam atas segala evaluasi, ketelitian dalam koreksi, serta saran-saran

konstruktif yang sangat membantu penulis dalam menyempurnakan kualitas skripsi ini;

6. Dr. James Julian, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta;
7. Rekan-Rekan OPTIMIS'22, terima kasih atas solidaritas dan kebersamaan yang terjalin selama ini. Apresiasi terbesar atas bantuan teknis yang diberikan, suntikan motivasi di kala jenuh, serta menjadi support system yang luar biasa bagi kesehatan mental penulis dalam menghadapi dinamika tugas akhir ini;
8. Teman-Teman saya yang selama ini telah memberikan dukungan mental, terima kasih telah kebersamaan saya selama ini;
9. Segenap Dosen serta Staf Administrasi di lingkungan Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, yang telah memfasilitasi dan membekali penulis dengan wawasan ilmu pengetahuan yang bermanfaat selama masa perkuliahan.

Penulis memahami bahwa karya tulis ini masih memiliki ruang untuk perbaikan akibat keterbatasan pengetahuan maupun pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, setiap kritik, masukan, dan saran yang sifatnya membangun akan penulis terima dengan tangan terbuka demi penyempurnaan di masa mendatang.

Semoga hasil penelitian yang tertuang dalam skripsi ini dapat memberikan kontribusi nyata serta kemanfaatan bagi pembaca, dunia akademik, maupun perkembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Two Degree of Freedom (DOF)</i>	5
2.1.1 Prinsip Dasar	5
2.1.2 Aplikasi Sistem <i>2 Degree of Freedom</i>	6
2.2 <i>Forward kinematics</i>	7
2.2.1 <i>Forward kinematics Equation</i>	8
2.2.2 Aplikasi <i>Forward kinematics</i> dalam Otomasi dan Robotika.....	8
2.3 <i>Robotic Arm</i> (Lengan Robot).....	9
2.3.1 Cara Kerja <i>Robotic Arm</i>	9
2.3.2 Sistem Kontrol <i>Robotic Arm</i>	10
2.3.3 Jenis-Jenis <i>Robotic Arm</i>	10
2.4 Sistem <i>Gantry</i> sebagai Penyiram Tanaman Otomatis	11
2.4.1 Cara Kerja Sistem <i>Gantry</i> sebagai Penyiram Tanaman Otomatis	12
2.4.2 Area Kerja, Kelebihan dan Kekurangan Sistem <i>Gantry</i> sebagai Penyiram Tanaman Otomatis.....	12
2.5 Mikrokontroler	13

2.5.1 Arduino Uno dan Nano.....	14
2.5.2 Sistem Mikrokontroler Arduino Uno	14
2.5.3 Karakteristik Arduino Uno	15
2.5.4 Spesifikasi dan Fitur Arduino Uno.....	15
2.6 <i>Stepper motor</i>	16
2.6.1 Fungsi <i>Stepper motor</i>	17
2.6.2 Prinsip Kerja <i>Stepper motor</i>	17
2.7 Pulley.....	18
2.7.1 Jenis-jenis <i>Pulley</i>	19
2.7.2 Fungsi <i>pulley</i>	19
2.8 <i>Belt Drive</i>	20
2.8.1 Mekanisme <i>Belt Drive</i>	20
2.8.2 Material <i>Belt Drive</i>	21
2.9 <i>3D Printing</i>	22
2.9.1 Mekanisme <i>3D Printing</i>	23
2.9.2 Material dalam <i>3D Printing</i>	23
2.10 PETG/PLA.....	24
2.10.1 <i>Polylactic Acid (PLA)</i>	24
2.10.2 <i>Glycol-modified polyethylene terephthalate (PETG)</i>	24
2.10.3 Keunggulan dan Kekurangan <i>PLA</i> dan <i>PETG</i>	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Diagram Alir	27
3.2 Ideasi dan Penyusunan Konsep	28
3.3 Proses Desain	30
3.4 Persiapan Alat Bahan dan <i>Setting</i> Parameter <i>3D Printing</i>	31
3.5 Proses Pencetakan Produk Menggunakan <i>3D Printing</i>	33
3.6 Proses Perakitan Produk (<i>Assembly</i>)	34
3.7 Pengujian Awal	36
3.8 Pengujian Akurasi	37
3.9 Pengujian Luas Jangkauan dan Massa.....	38
3.10 Analisis Hasil Pengujian	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Proses Pembuatan Lengan Robot.....	40
4.1.1 Pembuatan Bagian <i>Body</i> Lengan Robot	40
4.1.2 Perakitan Sistem Mekanik	40

4.1.3 Instalasai Elektrikal dan Programming Arduino	42
4.2 Hasil Pengujian Akurasi	45
4.2.1 Data Hasil Pengujian Akurasi.....	46
4.3 Hasil Pengujian Luas Jangkauan & Massa	48
4.3.1 Hasil Analisis Pengujian Luas Jangkauan	48
4.3.2 Hasil Pengujian Massa	51
4.4 Analisis Hasil pengujian	53
4.4.1 Analisis Hasil Pengujian Akurasi.....	53
4.4.2 Analisis Hasil Pengujian Luas Jangkauan dan Massa.....	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Aplikasi Sistem Robot 2-DOF	6
Gambar 2. 2 Lengan Robot.....	9
Gambar 2. 3 Mekanisme Sistem Gantry.....	11
Gambar 2. 4 Spesifikasi Arduino Uno.....	16
Gambar 2. 5 Stepper motor	16
Gambar 2. 6 Stepper motor Construction.....	17
Gambar 2. 7 Pulley	18
Gambar 2. 8 Belt Drive	20
Gambar 2. 9 Rumus Euler Eytelwein.....	21
Gambar 2. 10 3D Printing	22
Gambar 2. 11 Mekanisme 3D Printing FDM dan SLA.....	23
Gambar 2. 12 Material PLA	24
Gambar 2. 13 Material PETG.....	25
 Gambar 3. 1 Diagram Alir	 27
Gambar 3. 2 Ilustrasi Skenario Penyiraman	30
 Gambar 4. 1 Pemasangan Belt pada Pulley	 42
Gambar 4. 2 Penyusunan Wiring pada Stepper motor.....	42
Gambar 4. 3 Penyusunan Wiring pada Driver Motor DM522.....	43
Gambar 4. 4 Penyusunan Wiring pada Arduino Nano.....	43
Gambar 4. 5 Wiring Diagram	44
Gambar 4. 6 Prompt Pada Software Arduino IDE	45
Gambar 4. 7 Hasil Simulasi Pengujian Luas Jangkauan menggunakan Software SolidWorks...	50
Gambar 4. 8 Hasil Simulasi Luas Jangkauan Penuh dengan Luas Jangkauan Efektif	50
Gambar 4. 9 Simulasi Pengujian Menggunakan Pompa Air.....	51
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Massa	52
Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Volume Total Unit Robot.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan	31
Tabel 3. 2 Pengujian Akurasi.....	37
Tabel 3. 3 Pengujian Luas Jangkauan dan Massa	38
Tabel 4. 1 Hasil Percobaan Titik Homing	46
Tabel 4. 2 Hasil Percobaan Gerakan Pertama (30°,30°)	46
Tabel 4. 3 Hasil Percobaan Gerakan Kedua (60°,60°)	47
Tabel 4. 4 Hasil Percobaan Gerakan Ketiga (90°,90°)	47