

Perancangan dan Perakitan Sistem Kendali Mesin 3D Scanner

Design and Assembly of 3D Scanner Machine Control System

SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Syahrul Mubarak

173030009



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PASUNDAN

JULI 2024

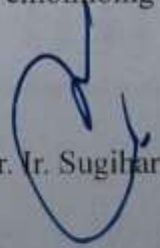
LEMBAR PENGESAHAN

Perancangan dan Perakitan Sistem Kendali Mesin *3D Scanner*




Nama : Muhammad Syahrul Mubarak
NPM : 173030009

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, segala puji serta syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan nikmat-Nya. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perancangan dan Perakitan Sistem Kendali Mesin 3D Scanner”**. Skripsi ini merupakan syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.

Laporan skripsi ini dibuat berdasarkan hasil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Pasundan. Penulis menyadari penulisan laporan skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat menghargai kritik dan saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dalam penulisan laporan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penghargaan dan terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak M.Badri dan Ibu Surtiah,
2. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan,
3. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, MT. selaku pembimbing I yang selalu memberikan ilmu, arahan, kesempatan, semangat dan motivasi, serta fasilitas kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu,
4. Bapak Dr. Ir. Rachmad Hartono, MT. selaku pembimbing II yang selalu memberikan ilmu, arahan, kesempatan, semangat dan motivasi, serta fasilitas kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu,
5. Semua rekan satu perjuangan teman laboratorium yang mendukung dan memberi bantuan kepada penulis, dan
6. Thia Nurul Aisyah, S.KM yang sudah mendukung dan memberikan support dalam pengerjaan skripsi.

Bandung, 8 Agustus 2024

Muhammad Syahrul Mubarak

DAFTAR ISI

Perancangan dan Perakitan Sistem Kendali Mesin 3D <i>Scanner</i>	i
SURAT PERNYATAAN	ii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah.....	1
3. Tujuan	1
4. Lingkup Penelitian.....	2
5. Manfaat	2
6. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	4
1. Kajian Pustaka	4
2. 3D <i>Scanner</i>	6
3. Kajian-Kajian Mesin yang Sudah Ada.....	7
4. Sistem Kendali Mesin 3D <i>Scanner</i>	8
5. <i>Software Interface</i>	11
BAB III PERANCANGAN DAN PERAKITAN SISTEM KENDALI MESIN 3D SCANNER.....	14

1. Tahapan Penelitian.....	14
2. Tempat Penelitian	15
3. Rancangan Keseluruhan Sistem Kendali	16
4. Rancangan Sistem Kendali Mesin 3D <i>Scanner</i>	16
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN.....	18
1. Pengujian	18
2. Analisa Hasil Pengujian.....	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	24
1. Kesimpulan	24
2. Saran	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25
LAMPIRAN	27



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Metode Triangulation Scanning.....	4
Gambar 2. Skema Mekanisme 3D <i>Scanner</i> oleh Muhammad Ridho Sofyandi, dkk[2].....	5
Gambar 3. Desain 3D <i>Scanner</i> oleh M. Ridho S, dkk[2]	5
Gambar 4. Desain perancangan 3D <i>scanner</i>	6
Gambar 5. Einscan-SE.....	7
Gambar 6. Sense 3D <i>scanner</i>	7
Gambar 7. <i>Board</i> Arduino ATmega 2560.....	8
Gambar 8. Sharp GP2Y0A51SK0F.....	9
Gambar 9. Skematis pengaturan posisi poros motor <i>stepper</i>	10
Gambar 10. <i>Driver</i> motor <i>stepper</i> TB6600	11
Gambar 11. Contoh Tampilan Awal pada <i>Software Interface</i> Visual Basic.....	12
Gambar 12. Inisialisasi jenis arduino pada arduino IDE	12
Gambar 13. Inisialisasi <i>port</i> serial Arduino IDE	13
Gambar 14. Tampilan <i>software</i> Meshlab	13
Gambar 15. Tahapan penelitian	14
Gambar 16. Tempat Penelitian	15
Gambar 17. Rancangan keseluruhan sistem kendali	16
Gambar 18. Rancangan instalasi sistem kendali mesin 3D scanner	17
Gambar 19. Grafik pengujian akurasi sensor <i>infrared</i>	19
Gambar 20. Pengujian Kubus.....	20
Gambar 21. Pengujian Kerucut	20
Gambar 22. Pengujian Limas Segi Empat.....	21
Gambar 23. Pengujian Silinder Bertingkat.....	21
Gambar 24. Pengujian Elips	22
Gambar 25. Jarak kerenggangan 0,1 mm	22
Gambar 26. Jarak kerenggangan 0,05 mm	23
Gambar 27. Jarak kerenggangan 0,02 mm	23

DAFTAR TABEL

Table 1. Pengukuran Menggunakan Mistar/Penggaris pada Sumbu Horizontal..... 18



ABSTRAK

Perkembangan dalam bidang teknologi di Indonesia saat ini semakin pesat, sehingga menuntut masyarakat untuk meningkatkan pengetahuan dan kemampuan dalam bidang teknologi, salah satunya dalam bidang otomasi yaitu perangkat pemindai (*scanner*). Alat ini dapat digunakan untuk memindai benda dengan berbagai bentuk dan ukuran, untuk menghasilkan model 3D yang dapat diproses dan dimanipulasi melalui komputer. Dalam industri manufaktur, 3D *scanner* digunakan untuk memperbaiki atau mengganti suku cadang yang rusak atau hilang. Namun, sebagian besar 3D *scanner* yang tersedia di pasaran saat ini relatif mahal sehingga tidak cocok digunakan untuk *home industry*. 3D *scanner* adalah gabungan perangkat keras dengan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat model tiga dimensi dari objek fisik di dunia nyata. Perangkat ini bekerja dengan cara mengukur jarak antara objek tersebut dengan sensor *scanner*, kemudian data geometris dikumpulkan untuk merekonstruksi bentuk tiga dimensi objek tersebut. Tujuan dari 3D *scanning* adalah untuk membuat *point cloud* sebagai sampel geometris dari permukaan objek. *Point cloud* (titik-titik) ini dapat digunakan untuk memperkirakan bentuk objek (rekonstruksi). Jika informasi warna dikumpulkan pada setiap titik, maka warna pada permukaan objek juga dapat ditentukan. Gambaran yang diproduksi oleh *scanner* 3D menjelaskan jarak ke permukaan di setiap titik dalam gambar. Jarak ini memungkinkan posisi tiga dimensi dari setiap titik dalam gambar untuk diidentifikasi. Perangkat lunak antarmuka dibedakan menurut jenisnya, berikut merupakan beberapa jenis perangkat lunak antarmuka yang umum digunakan, antara lain: *Command-line interface* (CLI), *Graphical User Interface* (GUI), *Web-based Interface*, dan *Touch Interface*. Pada penelitian ini *software interface* yang digunakan ialah Visual Basic 6.0, Arduino IDE dan Meshlab. Sistem kendali mesin 3D *scanner* mampu digunakan untuk scanning pada benda/bentuk yang sederhana, Hasil yang diperoleh pada mesin 3D *scanner* menghasilkan model tiga dimensi yang cukup baik dengan benda yang discan.

Kata kunci: *scanner*, mesin 3D *scanner*, software interface

ABSTRACT

Developments in the field of technology in Indonesia are currently increasingly rapid, so that it requires society to increase their knowledge and abilities in the field of technology, one of which is in the field of automation, namely scanner devices. This tool can be used to scan objects of various shapes and sizes, to produce 3D models that can be processed and manipulated via computer. In the manufacturing industry, 3D scanners are used to repair or replace damaged or missing parts. However, most of the 3D scanners available on the market today are relatively expensive so they are not suitable for use in the home industry. 3D scanners are a combination of hardware and software used to create three-dimensional models of physical objects in the real world. This device works by measuring the distance between objects with a scanner sensor, then geometric data is collected to reconstruct the three-dimensional shape of the object. The purpose of 3D scanning is to create a point cloud as a geometric sample of the object's surface. This point cloud can be used to estimate the shape of the object (reconstruction). If color information is collected at each point, then the color of the object's surface can also be determined. The image produced by the 3D scanner describes the distance to the surface at each point in the image. This distance allows the three-dimensional position of each point in the image to be identified. Interface software is distinguished by its type, the following are some types of interface software that are commonly used, including: Command-line interface (CLI), Graphical User Interface (GUI), Web-based Interface, and Touch Interface. In this study, the interface software used was Visual Basic 6.0, Arduino IDE and Meshlab. The 3D scanner machine control system can be used for scanning simple objects/shapes. The results obtained on the 3D scanner machine produce a fairly good three-dimensional model with the scanned object.

Keywords: scanner, 3D scanner machine, interface software

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perkembangan dalam bidang teknologi di Indonesia saat ini semakin pesat, sehingga menuntut masyarakat untuk meningkatkan pengetahuan dan kemampuan dalam bidang teknologi, salah satunya dalam bidang otomasi yaitu perangkat pemindai (*scanner*). Alat ini dapat digunakan untuk memindai benda dengan berbagai bentuk dan ukuran, untuk menghasilkan model 3D yang dapat diproses dan dimanipulasi melalui komputer. Dalam industri manufaktur, 3D *scanner* digunakan untuk memperbaiki atau mengganti suku cadang yang rusak atau hilang. Namun, sebagian besar 3D *scanner* yang tersedia di pasaran saat ini relatif mahal sehingga tidak cocok digunakan untuk *home industry*.

Berdasarkan uraian pada paragraph sebelumnya, timbul gagasan untuk membuat model mesin 3D *scanner* dengan dimensi yang lebih kecil sehingga dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa untuk memahami proses 3D scanning. Dengan adanya mesin tersebut, diharapkan mahasiswa dapat meningkatkan kreatifitas dalam menggunakan model mesin 3D *scanner*. Ukuran mesin yang cukup kecil dan harga yang tidak terlalu mahal merupakan kelebihan dari mesin yang akan dibuat.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diketahui rumusan masalah yang akan diselesaikan yaitu bagaimana cara membuat sistem kendali mesin 3D *scanner* yang kompatibel dengan sistem mekanik yang sudah dibuat oleh peserta skripsi yang lain. Pembuatan sistem kendali tersebut meliputi:

- a) Pemilihan komponen apa saja yang digunakan pada sistem kendali mesin 3D *scanner*, dan
- b) *Software* apa yang digunakan untuk membuat sistem kontrol pada mesin 3D *scanner*.

3. Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang sudah dikemukakan, tujuan yang ingin dicapai pada laporan skripsi ini yaitu membuat sistem kendali untuk menggerakkan sistem mekanik, memindai dan mencatat titik koordinat benda kerja yang sedang dipindai.

4. Lingkup Penelitian

Agar laporan skripsi ini lebih jelas dan terarah, perlu adanya lingkup penelitian. Beberapa masalah yang akan dibahas yaitu:

- a) Komponen utama sistem kontrol mesin 3D *scanner* adalah mikrokontroler arduino ATmega 2560 sebagai perangkat pengendali,
- b) *Software* yang digunakan untuk melihat hasil dan menjalankan program sistem kendali yaitu Visual Basic, Arduino IDE, dan Meshlab, dan
- c) Mengamati kesesuaian bentuk dengan benda yang discan dengan hasil scanning.

5. Manfaat

Laporan Skripsi ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi penulis, bagi akademik, maupun bagi pembaca. Bagi penulis laporan skripsi dapat dijadikan sebagai sarana untuk menerapkan pengetahuan yang diperoleh selama menempuh studi khususnya dalam perancangan sistem kontrol mesin 3D *scanner*. Bagi akademik laporan skripsi ini dapat dijadikan sebagai sarana tambahan pengetahuan di perpustakaan Universitas Pasundan mengenai permasalahan yang terkait dengan penulisan skripsi ini. Bagi pembaca laporan skripsi ini dapat menjadi sumber informasi dan tambahan pustaka bagi peneliti lain atau pengajar lain tentang model mesin 3D *scanner*.

6. Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini disusun bab demi bab dan terdiri dari lima bab. Beberapa bab yang dibahas pada skripsi ini adalah pendahuluan, studi literatur, metode penelitian, analisis hasil dan pembahasan, kesimpulan dan saran, daftar pustaka, serta lampiran.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, lingkup penelitian, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Pada bab ini dibahas tentang kajian alat mesin 3D *scanner*, sistem kendali mesin 3D *scanner*, dan *software interface*.

BAB III PERANCANGAN DAN PERAKITAN SISTEM KENDALI MESIN 3D SCANNER

Pada bab ini dibahas tentang tahapan penelitian, rancangan keseluruhan sistem, dan rancangan sistem kontrol mesin mesin 3D *scanner*.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Pada bab ini dibahas tentang pengujian mesin 3D scanner. Bentuk yang discanning diamati kesesuaian bentuk dengan benda yang discan dengan hasil scanning.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibahas tentang kesimpulan dan saran mengenai hal – hal penting yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bab ini disebutkan buku, artikel, dan sumber lain yang menjadi acuan skripsi ini.

LAMPIRAN



DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Egenäs and A. Sacilotto, "3D Scanner Scanning Small Objects and Recreating Them Visually as a Mesh in a Computer," *KTH R. Inst. Technol.*, p. 4, 2021.
- [2] A. Alfansyur and Mariyani, "Seni Mengelola Data : Penerapan Triangulasi Teknik , Sumber Dan Waktu pada Penelitian Pendidikan Sosial," *Historis*, vol. 5, no. 2, pp. 146–150, 2020.
- [3] M. R. Sofyandi, E. Kurniawan, and R. A. Wicaksono, "Rancang Bangun 3D Scanner Sebagai 3D Metrologi Dengan Metode Fotogrametri Rentang Dekat," *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 56–61, 2022.
- [4] A. Unique, *Pemindai benda 3 dimensi menggunakan sensor Infrared berbasis Arduino dan Matlab*, no. 0. 2016.
- [5] C. Cholish, R. Rimbawati, and A. A. Hutasuhut, "Analisa Perbandingan Switch Mode Power Supply (SMPS) dan Transformator Linear Pada Audio Amplifier," *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 90–102, 2017, doi: 10.22373/crc.v1i2.2079.
- [6] A. R. Zain, H. Mukhtar, Y. N. Wijayanto, U. Telkom, and S. Lidar, "Rancang Bangun Pemindai 3 Dimensi Resolusi Tinggi Pada Objek Jarak Menggunakan Lidar Design and Build High Resolution 3D Scanner on Near Object Using," *eProceedings Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 4504–4511, 2021, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/15624>
- [7] R. Hartono, Sugiharto, Bukti Tarigan, and Toto Supriyono, "Rotasi vol 22 no 1," vol. 22, 2020.
- [8] I. N. Natanael and R. A. D. Saraswati, "Pendokumentasian Benda Bersejarah secara Digital 3D (Studi Kasus Museum Universitas Kristen Maranatha)," *J. Desain*, vol. 8, no. 3, p. 345, 2021, doi: 10.30998/jd.v8i3.9688.
- [9] T. W. Ningtias, K. Joni, and R. Alfita, "Rancang Bangun Rekonstruksi 3D Dengan Kinect Xbox 360," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 49–59, 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3136.

- [10] I. G. M. Adnyana and W. Suyanto, "Penggunaan EFI scanner sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan minat, motivasi, dan prestasi belajar siswa," *J. Pendidik. Vokasi*, vol. 3, no. 2, pp. 192–209, 2013, doi: 10.21831/jpv.v3i2.1601.
- [11] M. Nurdiansyah, E. C. Sinurat, M. Bakri, I. Ahmad, and A. B. Prasetyo, "Sistem Kendali Rotasi Matahari Pada Panel Surya Berbasis Arduino UNO," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 40–45, 2020, doi: 10.33365/jtikom.v1i2.14.
- [12] P. Handoko, "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3," no. November, pp. 1–2, 2017.
- [13] S. M. H. Khorassani, M. T. Maghsoodlou, N. Hazeri, M. Nassiri, G. Marandi, and A. G. Shahzadeh, "A facile synthesis of stable phosphorus ylides derived from harmin, harman, and carbazole," *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.*, vol. 181, no. 3, pp. 567–572, 2006, doi: 10.1080/10426500500269190.
- [14] M. R. Hikmatullah, P. Yunesti, E. Pujiyulianto, A. Nurdin, and F. Paundra, "Rancang Bangun Mesin Las Tig Semi Otomatis Berbasis Arduino Uno," *J. Mech. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 35–40, 2021, doi: 10.31002/jom.v5i1.3945.
- [15] F. Kurniawan and A. Surahman, "Sistem Keamanan Pada Perlintasan Kereta Api Menggunakan Sensor Infrared Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 2, no. 1, p. 7, 2021, doi: 10.33365/jtst.v2i1.976.
- [16] Istiqomah Sumadikarta and Eko Pratama Setiyawan, "Rancang Bangun Prototype Kendali Pintu Gerbang Menggunakan Mikrokontroler Atmega 2560," *Prosiding*, vol. 1, no. 01, pp. 199–207, 2022, doi: 10.59134/prosidng.v1i01.94.
- [17] N. Soedjarwanto, "Prototipe Smart Door Lock Menggunakan Motor Stepper Berbasis Iot (Internet Of Things)," *Electrician*, vol. 15, no. 2, pp. 73–82, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n2.2167.
- [18] J. Asmi and O. Candra, "Prototype Solar Tracker Dua Sumbu Berbasis Microcontroller Arduino Nano dengan Sensor LDR," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, p. 54, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i2.108504.
- [19] P. S. Maria and E. Susianti, "Uji Kinerja Surface Scanner 3D Menggunakan Sensor VL53L0X dan Mikrokontroler ATMEGA8535," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.15294/jte.v11i1.18821.

- [20] H. Alimohammadzadeh, H. Culbertson, and S. Ghandeharizadeh, "An Evaluation of Decentralized Group Formation Techniques for Flying Light Specks," *Proc. 5th ACM Int. Conf. Multimed. Asia, MMAsia 2023*, 2023, doi: 10.1145/3595916.3626460.
- [21] S. P. Parve, O. P. Gaikwad, P. P. Poorvi Sidhapura, S. P. Chaudhary, and S. P. Nakhye, "Development of Low-cost Lidar Scanner for Indoor Mapping," *IJISSET-International J. Innov. Sci. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 12, pp. 65–70, 2021, [Online]. Available: www.ijiset.com
- [22] D. Risyandi and A. Triwiyatno, "Perancangan Sistem Perajang Tempe Otomatis Dengan Pengaturan Ketebalan Tempe Menggunakan Motor Stepper Berbasis P Controller," *Transient*, vol. 6, pp. 134–139, 2017.
- [23] D. Nataliana, I. Syamsu, and G. Giantara, "Sistem Monitoring Parkir Mobil menggunakan Sensor Infrared berbasis Raspberry Pi," *Elkomika J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 2, no. 1, p. 68, 2014, doi: 10.26760/elkomika.v2i1.68.
- [24] A. H. Patonra, S. Masita, N. R. Wibowo, and A. Fitriati, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktik Motor Stepper," *Maple (Mechatronics J. Professional Entrep.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2020.
- [25] Riyana Fatimatus Zahrok, Setyawan Purnomo Sakti, and Dewi Anggraeni, "Rancang Bangun Pengontrol Jarak Menggunakan Motor Stepper Nema 17 Berbasis Mega 2560 Pro pada Ultrasonic Atomizer Spray Coating," no. August, pp. 1–14, 2021, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/353702350>
- [26] Sugiharto *et al.*, "Design and Manufacturing of Cutting Motion Control System on 3-Axis Router Machine for Wood Carving," *Proc. 2nd Int. Conf. Sci. Technol. Mod. Soc. (ICSTMS 2020)*, vol. 576, no. Icstms 2020, pp. 132–136, 2021, doi: 10.2991/assehr.k.210909.031.
- [27] A. W. Wardhana and D. T. Nugroho, "Pengontrolan Motor Stepper Menggunakan Driver DRV 8825 Berbasis Signal Square Wave dari Timer Mikrokontroler AVR," vol. 7, no. 1, 2018.
- [28] S. Kautsar, E. Rosdiana, B. Widiawan, D. P. S. Setyohadi, H. Y. Riskiawan, and R. Firgiyanto, "Farming Bot: Precision Agriculture System in Limited Land Based on Computer Numerical Control (CNC)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 411,

no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/411/1/012059.

- [29] E. H. Wiguna and A. Subari, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Air Dan Kelembaban Tanah Pada Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Hmi (Human Machine Interface) Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Software Node-Red," *Gema Teknol.*, vol. 19, no. 3, p. 1, 2017, doi: 10.14710/gt.v19i3.21878.
- [30] R. Ismail, N. Akbar, and A. Dahlan, "Pembuatan Sistem Informasi Penjualan pada Ade Jaya Ponsel Dengan Menggunakan Visual Basic Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta 2) Sistem Informasi STMIK AMIKOM Yogyakarta," *J. Ilm. DASI*, vol. 14, no. 04, pp. 39–43, 2013.
- [31] R. Baharuddin and T. Hidayat, "Atmega Microcontroller 2560 Based Safety System of Monitor Panel and Controller on a Small Excavator," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 367–374, 2020, doi: 10.21776/ub.jrm.2020.011.03.8.
- [32] G. Ranzuglia, M. Callieri, M. Dellepiane, P. Cignoni, and R. Scopigno, "MeshLab as a complete tool for the integration of photos and color with high resolution 3D geometry data," *CAA 2012 Conf. Proc.*, pp. 406–416, 2013.