

Sistem kendali *3D scanner* dengan arah pindai vertikal
3D scanner control system with vertical scanning direction

SKRIPSI

Oleh:
Nama: Ardyan Aulia
NPM: 203030086



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ardyan Aulia
Nomor Pokok Mahasiswa : 203030086
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan /ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu,
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil *plagiarism*.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 23 Desember 2024

Penulis,



Ardyan Aulia

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai civitas akademik Universitas Pasundan, saya:

Nama : Ardyan Aulia
NPM : 203030086
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS
Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksekutif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Sistem Kendali 3D *Scanner* dengan Arah Pindai Vertikal”

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan 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.

Bandung, 23 Desember 2024

Yang menyatakan,



Ardyan Aulia

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Sistem Kendali *3D Scanner* dengan Arah Pindai Vertikal



Nama : Ardyan Aulia
NPM : 203030086

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T.

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Bambang Ariantara, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Sistem Kendali *3D Scanner* dengan Arah Pindai Vertikal



Nama : Ardyan Aulia
NPM : 203030086

Tanggal sidang skripsi: 23 Desember 2024

Ketua : Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T.

Sekretaris : Dr. Ir. Bambang Ariantara, M.T.

Anggota : Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

Anggota : Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA.

KATA PENGANTAR

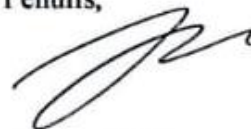
Puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala kebaikan dan rahmat-Nya yang telah memberikan kekuatan fisik dan mental yang dibutuhkan penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **Sistem kendali 3D scanner dengan arah pindai vertikal**. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak yang telah banyak membantu dalam pembuatan laporan skripsi ini. Sikap baik memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis ingin menyampaikan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Allah SWT atas rahmat-Nya yang telah memberikan kemudahan dan petunjuk selama pembuatan laporan skripsi ini,
2. Keluarga saya, khususnya Ibu Sopiah, Bapak Ahmad Hadiat yang selalu memberikan Do'a serta dorongan, baik membantu secara moral dan material yang kuat sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini,
3. Bapak Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T. selaku dosen pembimbing utama,
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Ariantara, M.T. selaku dosen pembimbing pendamping,
5. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan,
6. Semua dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah memeberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama penyelesaian studi,
7. Siti Nurjanah yang senantiasa membantu dan mendukung penulis, dan
8. Semua rekan-rekan seperjuangan Program Studi Teknik Mesin 2020 yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Pada penulisan laporan skripsi ini jauh dari kata sempurna dan dimungkinkan masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membangun penulis guna menyempurnakan laporan skripsi ini.

Bandung, 23 Desember 2024

Penulis,



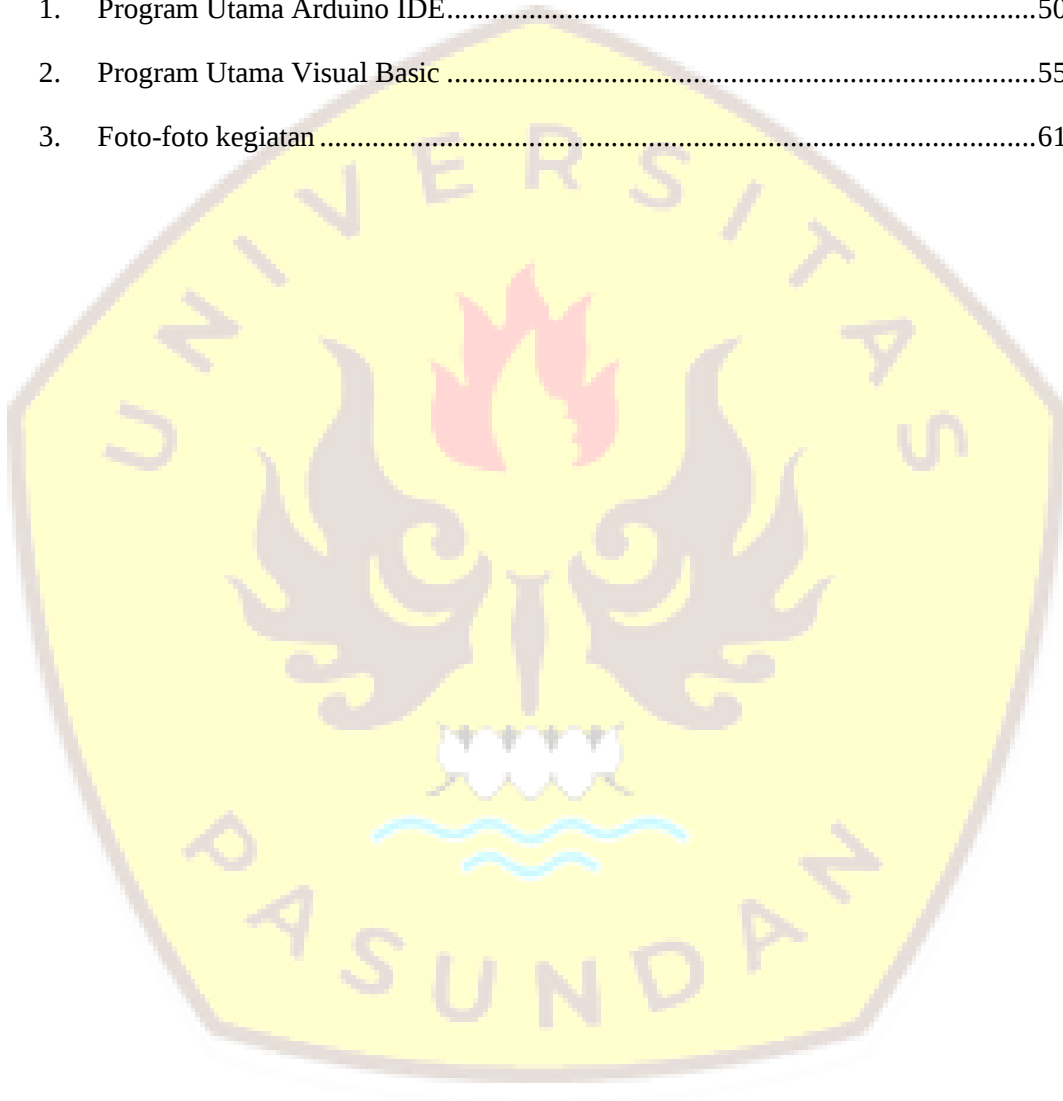
Ardyan Aulia

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar belakang.....	1
2. Rumusan masalah.....	2
3. Tujuan	2
4. Lingkup penelitian	3
5. Manfaat	3
6. Sistematika penulisan	3
BAB II STUDI LITERATUR.....	5
1. Kajian mesin 3d <i>scanner</i>	5
A. Penelitian Arrizal Komarayatna (2016)	5
B. Penelitian Rachmat Jaelani (2018).....	6
C. Penelitian Ahmad Fauzan (2020).....	6
2. 3D <i>scanner</i>	7
A. <i>White light scanning</i>	8
B. <i>Photogrammetri</i>	8
C. 3D laser <i>scanner</i>	8

3.	Koordinat Cartesius.....	9
4.	Mesin <i>Computer Numerical Control</i> (CNC)	10
5.	<i>Reverse engineering</i>	11
6.	Sistem kontrol mesin 3d <i>scanner</i>	12
	A. Sistem kontrol hardware	12
	B. Software interface	18
	C. Arduino IDE	26
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN		29
1.	Tahapan penelitian	29
2.	Tempat penelitian.....	31
3.	Mesin 3d <i>scanner</i>	31
4.	Rancangan keseluruhan sistem kendali	31
5.	Rancangan sistem kendali mesin 3d <i>scanner</i>	32
6.	Program sistem kendali	33
	A. Arduino IDE	33
	B. Visual Basic.....	34
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN		36
1.	Kalibrasi aksis	36
2.	Kalibrasi sensor.....	36
3.	Pengujian pemindaian benda.....	38
4.	Hasil pengujian pemindaian benda.....	39
	A. <i>Scanning</i> benda berbentuk elips.....	40
	B. <i>Scanning</i> benda berbentuk limas segi empat tinggi 40 mm.....	40
	C. <i>Scanning</i> benda berbentuk limas segi empat tinggi 20 mm.....	41
	D. <i>Scanning</i> benda berbentuk prisma segi enam.....	42
	E. <i>Scanning</i> benda berbentuk setengah lingkaran.....	42
	F. <i>Scanning</i> benda berbentuk bintang segi lima	43
5.	Analisa hasil pengujian	44

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
1. Kesimpulan	45
2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	49
1. Program Utama Arduino IDE.....	50
2. Program Utama Visual Basic	55
3. Foto-foto kegiatan	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hasil pengujian penelitian Arrizal Komarayatna (2016) [4]	5
Gambar 2. Hasil pengujian penelitian Rachmat Jaelani (2018) [6]	6
Gambar 3. Rancangan mesin 3D <i>scanner</i> penelitian Ahmad Fauzan [7].....	7
Gambar 4. Diagram sistem <i>structure light scanning</i> [9].....	8
Gambar 5. Diagram sistem triangulasi laser [11]	9
Gambar 6. Dua buah sumbu koordinat kartesius [13]	10
Gambar 7. Tiga buah sumbu koordinat kartesius [15].....	10
Gambar 8. Mesin CNC <i>router</i> [18]	11
Gambar 9. Arduino ATmega 2560 [23].....	13
Gambar 10. Sensor Sharp GP2Y051SK0F [26]	14
Gambar 11. Motor stepper bipolar [27].....	14
Gambar 12. Skematis kontruksi motor <i>stepper</i> bipolar	15
Gambar 13. Skematis pengaturan posisi poros motor stepper	16
Gambar 14. <i>Driver</i> motor <i>stepper</i> TB6600 [29].....	18
Gambar 15. Tampilan awal Visual Basic 6.0	19
Gambar 16. Antarmuka untuk komunikasi serial	19
Gambar 17. Hubungan antara obyek dan properti obyek	20
Gambar 18. Lembar kerja Code	21
Gambar 19. Fungsi Form_Load() yang telah diedit	21
Gambar 20. Beberapa fungsi milik obyek Form.....	22
Gambar 21. Lembar kerja Code yang memuat fungsi Form_Unload().....	22
Gambar 22. Fungsi Form_Unload() yang telah diedit	23
Gambar 23. Lembar kerja Code yang memuat fungsi Command1_Click().....	24
Gambar 24. Fungsi Command1_Click() yang telah dimodifikasi	24
Gambar 25. Tampilan awal pada <i>software</i> Meshlab [31].....	25
Gambar 26. Antarmuka pengguna grafis pada <i>software</i> Meshlab	25
Gambar 27. Tampilan awal sketch Arduino IDE	26
Gambar 28. Contoh <i>message box</i> pada Arduino IDE	27
Gambar 29. Inisialisasi jenis arduino pada Arduino IDE	27
Gambar 30. Inisialisasi <i>port</i> arduino pada Arduino IDE	28
Gambar 31. Tahapan penelitian.....	29
Gambar 32. Tempat penelitian	31
Gambar 33. Mesin 3D <i>scanner</i> hasil penelitian.....	31

Gambar 34. Diagram blok keseluruhan sistem kendali	32
Gambar 35. Rancangan instalasi sistem kendali mesin 3D <i>scanner</i>	33
Gambar 36. Tampilan antarmuka Visual Basic mesin 3D <i>scanner</i>	34
Gambar 37. Grafik pengujian akurasi sensor <i>Infrared</i>	37
Gambar 38. Hasil pengujian benda berbentuk elips	40
Gambar 39. Hasil pengujian benda berbentuk limas persegi dengan tinggi 40 mm	41
Gambar 40. Hasil pengujian benda berbentuk limas persegi dengan tinggi 20 mm	41
Gambar 41. Hasil pengujian benda berbentuk prisma segi enam	42
Gambar 42. Hasil pengujian benda berbentuk setengah lingkaran	43
Gambar 43. Hasil pengujian benda berbentuk bintang segi lima.....	43
Gambar 44. Proses pemindaian benda.....	61



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Properti obyek MScComm yang harus diatur	20
Tabel 2. Pengukuran Menggunakan Mistar/Penggaris pada Sumbu Horizontal.....	37
Tabel 3. Hasil pengujian pemindaian benda.....	38



ABSTRAK

Perkembangan teknologi saat ini sangat pesat. Seiring dengan berkembangnya teknologi yang semakin maju dan kompetitif telah membawa dampak bagi bidang ilmu pengetahuan terutama pada bidang pemindaian objek dengan komputer atau disebut dengan *3D scanner*. Dalam industri manufaktur, *3D scanner* digunakan untuk memperbaiki atau mengganti suku cadang yang rusak atau hilang. *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. Di laboratorium Teknik Mesin Universitas Pasundan terdapat rangka mesin CNC *router*. Mesin *router* ini berpeluang dijadikan mesin *3D scanner* dengan cara mengganti *spindle* pada mesin *router* dengan sensor jarak. Mesin tersebut memiliki tiga sumbu gerak. Sumbu gerak tersebut terdiri dari sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. Mesin *3D scanner* ini memanfaatkan teknologi *scanner* yang diterapkan pada mesin CNC *router* dengan posisi sensor arah vertikal. Berdasarkan uraian tersebut timbul gagasan untuk membuat model mesin *3D scanner* berbasis mesin CNC. Pada penelitian ini penulis membuat mesin *3D scanner* dengan metode pengukuran tinggi benda pada koordinat kartesian. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis sensor *infrared*. Untuk mengontrol keseluruhan kerja mesin, digunakan board *arduino* sebagai mikrokontroler dan *software* *visual basic* sebagai antarmuka. Pemindaian dilakukan cara mengirim data dari *software* interface antarmuka *visual basic* ke mikrokontroler. Program yang dikirim ke mikrokontroler diolah menjadi data logika yang akan dikirim ke setiap *driver* motor *stepper*. *Driver* motor *stepper* menerima data logika dan mengubahnya menjadi sinyal pulsa. Sinyal pulsa tersebut meliputi besar tegangan dan arus. Sinyal tersebut harus sesuai dengan fase motor *stepper*. Dengan demikian, motor *stepper* menerima sinyal pulsa dan mengubahnya menjadi gerakan linear *gantry*, gerakan linear sensor dalam arah sumbu x dan sumbu z ditandai dengan garis putus-putus. Gerakan linear tersebut menyebabkan sensor *infrared* berubah posisi. Pada setiap posisi sensor mengukur jarak permukaan benda kerja dengan sensor. Sensor mengirim data jarak ke mikrokontroler. Mikrokontroler mengirim data jarak dan posisi ke *Visual Basic*. Data jarak dan posisi yang ada di *Visual Basic* tersebut disimpan pada dokumen komputer dengan data file *txt*. File tersebut kemudian, dibuka pada *software* *meshlab* untuk diubah menjadi *point cloud*. Pada pengujian pemindaian benda didapatkan resolusi aktual yang tepat untuk gerakan linear sumbu X adalah sebesar 25 *step*/0,5mm dan resolusi aktual yang tepat untuk gerakan linear sumbu Y adalah sebesar 50 *step*/mm. Jarak awal minimum yang tepat antara sensor dan benda kerja pada saat proses pemindaian adalah sebesar 20 mm dan jarak awal maksimum yang tepat antara sensor dan benda kerja pada saat proses pemindaian adalah sebesar 40 mm.

Kata kunci: *3D scanner*, mikrokontroler, *software interface*, sensor *infrared*

ABSTRACT

The development of technology is progressing rapidly. With the advancement of increasingly sophisticated and competitive technology, there has been an impact on the field of science, especially in the field of object scanning using computers, known as 3D scanning. In the manufacturing industry, 3D scanners are used to repair or replace damaged or lost spare parts. A 3D scanner is 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 the object and the scanner sensor, and then collecting geometric data to reconstruct the three-dimensional shape of the object. At the Mechanical Engineering Laboratory of Universitas Pasundan, there is a CNC router machine frame. This router machine has the potential to be converted into a 3D scanner by replacing the spindle with a distance sensor. The machine has three axes of motion, consisting of the X axis, Y axis, and Z axis. This 3D scanner machine utilizes scanner technology applied to the CNC router with the sensor positioned vertically. Based on this concept, the idea arose to create a 3D scanner model based on the CNC machine. In this research, the author created a 3D scanner using the method of measuring object height on Cartesian coordinates. The sensor used in this study is an infrared sensor. To control the entire machine operation, an Arduino board is used as a microcontroller, and Visual Basic software serves as the interface. Scanning is performed by sending data from the Visual Basic interface software to the microcontroller. The program sent to the microcontroller is processed into logical data, which is then sent to each stepper motor driver. The stepper motor driver receives the logical data and converts it into pulse signals. These pulse signals include voltage and current values. The signals must match the stepper motor phase. In this way, the stepper motor receives the pulse signals and converts them into linear gantry movement, with the linear movement of the sensor in the X and Z axes indicated by dashed lines. This linear movement causes the infrared sensor to change position. At each position, the sensor measures the distance from the workpiece surface to the sensor. The sensor sends the distance data to the microcontroller, which then transmits the distance and position data to Visual Basic. The distance and position data in Visual Basic are saved in a computer document as a .txt file. This file is then opened in Meshlab software to be converted into a point cloud. During the testing of object scanning, the actual resolution obtained for the linear movement of the X axis is 25 steps/0.5mm, and the actual resolution for the linear movement of the Y axis is 50 steps/mm. The correct minimum initial distance between the sensor and the workpiece during the scanning process is 20 mm, and the correct maximum initial distance is 40 mm.

Keywords: 3D scanner, microcontroller, software interface, infrared sensor

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Perkembangan teknologi yang sangat pesat di era globalisasi saat ini telah memberikan banyak manfaat dalam kemajuan di berbagai aspek sosial. Penggunaan teknologi oleh manusia dalam membantu menyelesaikan pekerjaan merupakan hal yang menjadi keharusan dalam kehidupan. Perkembangan teknologi ini juga harus diikuti dengan perkembangan pada sumber daya manusia (SDM) [1].

Manusia sebagai pengguna teknologi harus mampu memanfaatkan teknologi yang ada saat ini, maupun perkembangan teknologi selanjutnya. Adaptasi manusia dengan teknologi baru yang telah berkembang wajib dilakukan melalui pendidikan. Pendidikan ini dilakukan agar generasi penerus tidak tertinggal dalam hal teknologi baru. Dengan demikian, teknologi dan pendidikan mampu berkembang bersama seiring dengan adanya generasi baru sebagai penerus generasi lama. Beberapa cara adaptasi tersebut dapat diwujudkan dalam bentuk pelatihan maupun pendidikan [1].

Seiring dengan berkembangnya teknologi yang semakin maju dan kompetitif telah membawa dampak bagi bidang ilmu pengetahuan terutama pada bidang pemindaian objek dengan komputer. Teknologi pemindaian objek ini adalah teknologi yang menggabungkan kemampuan *hardware* untuk melihat objek dan kemampuan *software* yang digunakan untuk mengolah data yang diterima oleh hardware tersebut [2]. Sistem pemindaian objek ini akan menerima data gambar dua dimensi (2D) berupa garis tipis yang diterima dari sinar laser, kemudian secara otomatis software akan mengolah garis tipis tersebut dan menjadikannya sebagai objek tiga dimensi (3D). *3D Scanning* adalah proses menangkap informasi digital tentang bentuk objek dengan peralatan yang menggunakan laser atau cahaya untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek. *3D Scanner* ini dapat digunakan untuk kebutuhan modifikasi, manufaktur, monitoring yang dibantu oleh komputer, atau hanya menyimpan informasi bentuk objek untuk kebutuhan di masa depan [2].

Mesin *3D scanner* yang banyak digunakan saat ini adalah mesin *3D scanner* yang memiliki arah pindai horizontal. Salah satu contoh mesin *3D scanner* yang memiliki arah pindai horizontal adalah Einscan-SE dengan area kerja (570 x 210 x 210 mm), Sol pro *3D scanner* dengan maksimum pindai benda kerja lebar 1680 mm, tinggi pindai benda kerja 864 mm, dan maksimum berat benda kerja yang dipindai adalah 6 kg [3].

Laboratorium Teknik Mesin Universitas Pasundan memiliki rangka mesin CNC router. Mesin router ini berpeluang dijadikan mesin 3D scanner dengan cara mengganti spindle pada mesin router dengan sensor jarak. Mesin tersebut memiliki tiga sumbu gerak. Sumbu gerak tersebut terdiri dari sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. 3D scanner ini memanfaatkan teknologi scanner yang diterapkan pada mesin CNC router dengan posisi sensor arah vertikal.

Fokus penelitian ini adalah membuat sistem kendali mesin 3D scanner karena modifikasi sistem mekanik dilakukan oleh peserta skripsi yang lain. Komponen utama sistem kendali mesin 3D scanner yaitu board arduino. Pada board arduino terdapat mikrokontroler yang berfungsi untuk mengolah data dan memberikan perintah berdasarkan program yang telah dimasukkan ke dalamnya. Dengan adanya mesin tersebut, diharapkan benda kerja yang memiliki dimensi cukup besar dan beban yang cukup berat dapat dipindai.

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 sebelumnya. Pembuatan sistem kendali tersebut meliputi:

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

3. Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang sudah dikemukakan, tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu membuat sistem kendali otomatis model mesin 3D scanner berbasis mesin CNC router. Sistem kendali tersebut digunakan untuk memindai dan mencatat titik koordinat benda kerja yang sedang dipindai.

4. Lingkup penelitian

Untuk membatasi skripsi ini diperlukan lingkup penelitian yang akan dikerjakan. Beberapa hal yang akan dikerjakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan tinjauan mesin 3D scanner yang sudah ada,

- Menggunakan board arduino Mega 2560 sebagai perangkat pengendali utama,
- Menggunakan *software* Arduino IDE untuk menjalankan program sistem kendali mesin *3D scanner*, menggunakan *software* antarmuka Visual Basic sebagai pengendali utama pada mesin *3D scanner* dan menggunakan *software* Meshlab untuk melihat hasil *scanning*, dan
- Mengamati kesesuaian bentuk antara benda yang di-scan dengan bentuk model hasil *scanning*.

5. Manfaat

Laporan skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti mesin tersebut dapat dipelajari dan digunakan oleh mahasiswa teknik mesin Unpas untuk mempelajari mesin *3D scanner*, mempercepat proses pemodelan komponen, serta meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mengenai otomasi. Manfaat lain dari penelitian ini yaitu sebagai referensi mengenai mesin *3D scanner*.

6. Sistematika penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II STUDI LITERATUR

Pada bab ini dibahas tentang kajian mesin *3D scanning*, *3D scanner*, koordinat kartesian, mesin *Computer Numerical Control* (CNC), *reverse engineering*, mesin *3D scanner* yang sudah ada, dan sistem kontrol mesin *3D scanner*.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

Pada bab ini dibahas tentang tahapan penelitian, tempat penelitian, rancangan keseluruhan sistem kendali, dan rancangan sistem kendali mesin *3D Scanner*.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Pada bab ini dibahas tentang pengujian mesin *3D scanner*. Bentuk yang di-scan diamati kesesuaian bentuknya dengan benda yang di-scan 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



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pembuatan dan pengujian sistem kendali pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Dalam skripsi ini telah berhasil dibuat sistem kendali *3D scanner* dengan arah pindai vertikal,
- Mesin *3D scanner* ini mampu memindai benda yang memiliki dimensi besar dan beban yang cukup berat,
- Sistem kendali ini mampu memindai koordinat permukaan benda untuk memperoleh bentuk benda keseluruhan, dan
- Ketelitian koordinat permukaan benda yang dihasilkan masih perlu ditingkatkan.

2. Saran

Prototipe mesin *3D scanner* dengan metode pengukuran tinggi benda yang telah dibuat dan dilakukan sebaiknya dioptimasi ulang menggunakan sensor yang lebih teliti agar didapatkan hasil yang lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Maritsa, U. Hanifah Salsabila, M. Wafiq, P. Rahma Anindya, and M. Azhar Ma'shum, "Pengaruh Teknologi Dalam Dunia Pendidikan," *Al-Mutharahah J. Penelit. dan Kaji. Sos. Keagamaan*, vol. 18, no. 2, pp. 91–100, 2021, doi: 10.46781/al-mutharahah.v18i2.303.
- [2] Hariyanto, P. A. Susanti, M. Hadjaat, M. Wasil, and A. D. Susilawati, "Meningkatkan Literasi Teknologi di Masyarakat Pedesaan Melalui Pelatihan Digital," *J. Abdimas Perad.*, vol. 4, no. 2, pp. 12–21, 2023, doi: 10.54783/ap.v4i2.24.
- [3] R. M. Putra, "Penggunaan Metode Triangulasi Untuk Memindai Objek Ke Dalam 3D Point Cloud," *e-NARODROID*, vol. 2, no. 2, 2016, doi: 10.31090/narodroid.v2i2.207.
- [4] A. Komarayatna, "Pemodelan Objek Menggunakan 3D Scanning," pp. 1–17, 2016, [Online]. Available: https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/686/jbptunikompp-gdl-arizalkom-34265-6-unikom_a-r
- [5] L. Hakim, "Reverse Engineering Pada Komponen Otomotif Dengan Metode Photogrammetry," *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 11, no. 1, pp. 150–155, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/37759>
- [6] R. Jaelani, "Rancang Bangun Scanner 3D menggunakan sensor GP2Y0E03," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, vol. 7, no. 1, p. 35, 2018, [Online]. Available: https://perpustakaan.ft.unram.ac.id/index.php?p=show_detail&id=7994
- [7] A. Fauzan, "Perancangan Mesin Pemindai 3 Dimensi Menggunakan Sensor Optik Berbasis Arduino," vol. 6, no. 2, pp. 3442–3449, 2020, [Online]. Available: <https://repositori.telkomuniversity.ac.id/pustaka/163383/perancangan-mesin-pemindai-3-dimensi-menggunakan-sensor-optik-berbasis-arduino.html>
- [8] A. E. Eryantono, S. Virdhian, D. Cahyadi, and E. Oktavia, "Pembuatan 3D Model Disc Refiner dengan Reverse Engineering untuk Mendukung Sustitusi Impor," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 86–91, 2022, doi: 10.36289/jtmi.v17i1.301.
- [9] Y. Huang, and H. Wang, "Light Scanning Structured," *J. C.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–12, 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1802.08808>

- [10] J. Arifin, L. N. Zulita, and H. Hermawansyah, "Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560," *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 89–98, 2016, doi: 10.37676/jmi.v12i1.276.
- [11] H. Bernard Ray Barus, YudoPrasetyo, "Analisis Akurasi Pemodelan 3D Menggunakan Metode Close Range Photogrammetry (Crp), Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Dan Terrestrial Laser Scanner (Tls)," *J. Geod. Undip*, vol. 6, no. 02, pp. 517–525, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/18145/17218>
- [12] 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, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtm/article/view/51516>
- [13] R. O. Muliling, N. Bito, and D. R. Isa, "Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Pada Materi Koordinat Kartesius Kelas Viii Smp Negeri 1 Suwawa," *FIBONACCI J. Pendidik. Mat. dan Mat.*, vol. 9, no. 2, p. 141, 2023, doi: 10.24853/fbc.9.2.141-156.
- [14] A. Suprianto, "Koordinat kartesius2 dimensi." [Online]. Available: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5908447/titik-koordinat-matematika-pengertian-bidang-kartesius-dan-cara-mencarinya>
- [15] I. M. Fitriyah, L. E. Pristiwati, R. Q. Sa'adah, N. Nikmarocha, and A. W. Yanti, "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita Koordinat Cartesius Menurut Teori Kastolan," *Al-Khwarizmi J. Pendidik. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 8, no. 2, pp. 109–122, 2020, doi: 10.24256/jpmipa.v8i2.1002.
- [16] N. Rahmawati, Y. Prasetyo, and F. Hadi, "Pemodelan Model 3D Menggunakan Metode TLS (Terrestrial Laser Scanner) (Studi Kasus: Candi Plaosan Lor, Kabupaten Klaten)," *Geod. Undip*, vol. 10, pp. 224–232, 2021, [Online]. Available: <https://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikgeodesi/article/view/1210>
- [17] A. Muchlis, W. Ridwan, and I. Z. Nasibu, "Rancang Bangun Mesin CNC (Computer Numerical Control) Laser dengan Metode Design for Assembly," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 23–27, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.9228.
- [18] K. Arajnawa, "Mesin Router CNC." [Online]. Available: <https://www.ubuy>

co.id/id/product/4DXR2HFS2-cnc-router-machine-vasto-3-axis-linear-rails-and-bearings-400w-spindle-engraving-milling-machine-for-wood-metal-acrylic-mdf-nylon-carving-cutting-diy

- [19] Tifa, "Koordinat kartesius 3 dimensi." [Online]. Available: <https://geonallatifa.wordpress.com/2017/06/05/koordinat-kartesius-dan-vektor-dalam-ruang-dimensi-tiga/>
- [20] S. Najah, M. A. Yaqin, L. S. Angreani, and A. C. Fauzan, "Mengukur Akurasi Query Pada Interface Repository Menggunakan User Interface (Ui) Discovery Berbasis Software As a Service (Saas)," *Briliant J. Ris. dan Konseptual*, vol. 4, no. 2, p. 206, 2019, doi: 10.28926/briliant.v4i2.312.
- [21] A. Azura and W. Wildian, "Rancang Bangun Sistem Absensi Mahasiswa Menggunakan Sensor RFID dengan Database MySQL XAMPP dan Interface Visual Basic," *J. Fis. Unand*, vol. 7, no. 2, pp. 186–193, 2018, doi: 10.25077/jfu.7.2.186-193.2018.
- [22] P. E. S. Dita, A. Al Fahrezi, P. Prasetyawan, and A. Amarudin, "Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Mikrokontroller Arduino UNO R3," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 121–135, 2021, doi: 10.33365/jtikom.v2i1.111.
- [23] A. Najmurrokhman, "Cold Storage Menggunakan Mikrokontroler," *J. Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 73–82, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/1753>
- [24] I. G. M. N. Desnanjaya and I. B. A. I. Iswara, "Trainer Atmega32 Sebagai Media Pelatihan Mikrokontroler Dan Arduino," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 1, no. 1, pp. 55–64, 2018, doi: 10.31598/jurnalresistor.v1i1.266.
- [25] S. N. Utomo, R. Winarso, and Q. Qomaruddin, "Rancang Bangun Conveyor Mesin Planer Kayu Dengan Sistem Penggerak Motor Stepper," *J. Crankshaft*, vol. 2, no. 1, pp. 43–48, 2019, doi: 10.24176/crankshaft.v2i1.3075.
- [26] D. Shinimoto and S. Takegawa, "SHARP GP2Y0A51SK0F Data Sheet," pp. 1–8, 2002, [Online]. Available: https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Gp2y0a51sk0f%20datasheet&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAp4O8BhAkEiAqv2UqGw37t1RhyE7EPknc3Ct0l84Pb54GRqcsNgg-dPYEsHw-qA7HYzJZRoc-kcQAvD_BwE

- [27] A. Javier, "Motor Stepper Bipolar." [Online]. Available: <https://id.aliexpress.com/i/32844098384.html>
- [28] B. C. Wibowo and F. Nugraha, "Kendali Kecepatan Motor Stepper Menggunakan Metode Start – Stop Berbasis PLC," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 10, no. 3, p. 213, 2021, doi: 10.35793/jtek.10.3.2021.35623.
- [29] S. Cai, "Driver Motor Stepper TB6600." [Online]. Available: <http://id.gnsc-component.com/development-board/stepper-motor-driver-controller-dm860-dm860h.html>
- [30] D. Wu, J. Gao, P. Guo, and Z. Xiao, "Research on design pattern of 3D model software development based on meshlab," *Acad. J. Manuf. Eng.*, vol. 18, no. 4, pp. 164–172, 2020, [Online]. Available: https://www.ajme.ro/PDF_AJME_2020_4/L22
- [31] L. Jaime and P. Kevin, "3D Captured Data Visualization and Recognition using MeshLab – A Tutorial," 2024, [Online]. Available: <https://www.xyztlab.com/pubs/2024-meshlab-tutorial>