

**Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Menjadi Mesin Bubut
Retrofit**

Modification of Conventional Lathes into Retrofiet Lathes

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Herul Khoeruman

NPM:173030102



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Herul Khoeruman
NPM : 173030102
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam 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 plagiarisme.

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

Bandung, 09 Desember 2024

Penulis,



Herul Khoeruman

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

N a m a : Herul Khoeruman

NPM : 173030102

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:

Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Menjadi Mesin Bubut Retrofit.....

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif 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, 09 Desember

Yang menyatakan,



Herul Khoeruman

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Menjadi Mesin Bubut Retrofit



Nama: Herul Khoeruman
NPM: 173030102

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T.

Pembimbing Pendamping

Ir. Syahbardia, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Menjadi Mesin Bubut Retrofit



Nama: Herul Khoeruman
NPM:173030102

Tanggal sidang skripsi: 31 September 2024

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

Sekretaris : Ir. Syahbardia, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur, saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kekuatan lahir maupun batin sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul: **Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Menjadi Mesin Bubut Retrofit**. Penulisan laporan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

Penulis sangat berterima kasih pada pihak-pihak tertentu yang banyak memberikan bantuan dan bimbingan selama proses penyusunan laporan skripsi. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas karunia-nya yang memberikan kelancaran serta petunjuk dalam proses pembuatan laporan ini.
2. Ayah, Ibu tercinta yang selalu ada serta keluarga yang selalu mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.
4. Bapak Dr. Ir. Rachmad Hartono selaku Pembimbing Utama.
5. Bapak Ir. Syahbardia, MT. selaku Pembimbing Pendamping.
6. Bapak Dr. Ir. Muki Satya Permana, MT. selaku koordinator TA.
7. Rekan-rekan Teknik Mesin 2017 yang tidak bisa saya sebut satu persatu dan rekan-rekan Laboratorium Peotro yaitu Candra, Dewa, Fajar, Wahyu, Agung, Rinaldi, Arif W, Yudi, Adul hamid, Musa, Barot, Sahrul, Anto, Syahrul, Farhan, dll

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

Bandung, 09 Desember 2024

Penulis,



Herul Khoeruman

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	IX
DAFTAR TABEL	X
ABSTRAK.....	XI
ABSTRACT	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar belakang	1
2. Rumusan masalah.....	2
3. Tujuan	3
4. Manfaat	4
5. Batasan masalah	4
6. Sistematika penulisan	5
BAB II STUDI LITERATUR.....	12
1. Kajian pustaka.....	12
2. Sistem mekanik.....	13
3. <i>Software</i> pemodelan atau perancangan	15
4. Sistem transmisi	16
5. <i>Flexible coupling</i>	17
6. <i>Thrust bearing</i>	18

7. <i>Mounting</i>	19
8. Motor servo AC	20
9. Driver motor servo AC.....	20
BAB III METODOLOGI.....	21
1. Tahapan penelitian (metodologi)	21
2. Tempat penelitian.....	22
3. Desain konsep sistem mekanik mesin bubut.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
1. Menjalankan gerak sumbu X dan sumbu Z	23
2. Hasil pengujian gerak kode G dan <i>piks wizard</i> pada sistem mekanik	24
3. Perhitungan torsi penggerak.....	24
4. Analisa hasil pengujian.....	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	25
1. Kesimpulan.....	25
2. Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	40
1. Gambar teknik.....	40
2. Foto-foto kegiatan.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mesin retrofit penelitian Ditya Kuncoro [1] ..	15
Gambar 2. Tampilan Awal Pada <i>Software Solidworks</i> .	16
Gambar 3. <i>Flexible coupling</i>	17
Gambar 4. <i>Thrust bearing</i>	18
Gambar 5. <i>Mounting</i> sumbu X dan Z	22
Gambar 6. Motor servo AC	23
Gambar 7. Driver motor servo [3]	24
Gambar 8. Tahapan penelitian	24
Gambar 9. Denah lokasi tempat penelitian	25
Gambar 10. Desain konsep perancangan sistem mekanik mesin bubut.....	26
Gambar 11. <i>Assembly mounting</i> sumbu Z	27
Gambar 12. Bagian yang dimodifikasi pada sumbu X	28
Gambar 13. Bagian yang dimodifikasi pada sumbu Z	29
Gambar 14. Tampilan <i>driver</i> motor servo	30
Gambar 15. <i>Software</i> Mach3 [5]	31
Gambar 16. Tombol <i>reset emergency stop</i>	32
Gambar 17. Tampilan awal menu mode manual....	33
Gambar 18. Tampilan menu mode manual.....	34
Gambar 19. Susunan roda gigi mesin bubut konvensional	34

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komponen konstruksi *mounting* sumbu X mesin bubut retrofit.....21

Tabel 2. Komponen konstruksi *mounting* sumbu Z mesin bubut retrofit.....22



ABSTRAK

Penggunaan mesin bubut konvensional masih umum digunakan pada proses manufaktur, dengan adanya perkembangan teknologi, mesin-mesin manufaktur semakin canggih dan semakin berkembang, untuk mengikuti perkembangan tersebut diperlukan modifikasi pada mesin bubut konvensional agar dapat meningkatkan kualitas produksi, membeli mesin bubut CNC baru membutuhkan biaya investasi yang cukup besar. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah retrofit, retrofit adalah penambahan fitur baru pada sistem lama. Metode yang digunakan untuk melakukan retrofit mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut CNC menggunakan metodologi perancangan pada buku *engineering design* karya Phal dan Beitz, tahapan yang dilakukan yaitu tahapan merencana, konsep, dan tahapan *embodiment*. Analisis perhitungan meliputi waktu siklus pemesinan, tingkat presisi, dan efisiensi biaya sebelum dan sesudah dimodifikasi, sedangkan hasil perhitungan waktu siklus pemesinan berkurang dari 10 menit perkomponen menjadi 7 menit setelah dilakukan modifikasi, dan memberikan peningkatan efisiensi waktu sebesar 30%, akurasi pemesinan juga meningkat, dari deviasi $\pm 0,05$ mm pada mesin konvensional menjadi $\pm 0,01$ mm pada mesin retrofit, sedangkan untuk biaya modifikasi retrofit mesin bubut menunjukkan penghematan secara signifikan, biaya retrofit yang dikeluarkan meliputi pembelian motor servo, kontrol CNC, dan instalasi, mencapai sekitar 40% dari harga mesin CNC baru. Investasi awal untuk retrofit dapat dikembalikan dalam waktu 18 bulan melalui peningkatan produktivitas dan pengurangan biaya operasional. Modifikasi ini terbukti menjadi solusi yang tepat dan ekonomis untuk industri yang ingin memanfaatkan mesin bubut konvensional dengan kinerja yang mendekati mesin CNC. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri kecil dan menengah yang ingin meningkatkan daya saing melalui teknologi retrofit.

Kata kunci: mesin bubut, retrofit, CNC

ABSTRACT

The use of conventional lathes remains common in manufacturing process. However, with advancements in technology, manufacturing machines have become increasingly sophisticated and developed. To keep up with these advancements, modifications to conventional lathes are necessary to improve production quality. Purchasing new CNC lathes, however, requires a substantial investment. One solution to this challenge is retrofit, which involves adding new features to an existing system. The method used to retrofit conventional lathes into CNC lathes follows the design methodology outlined in Engineering Design by Phal and Beitz. The stages include planning, conceptual design, and embodiment design. The analysis includes calculations of machining cycle time, precision level, and cost efficiency before and after the modification. The results show that the machining cycle time was reduced from 10 minutes per component to 7 minutes after the retrofit, providing a 30% improvement in time efficiency. Machining accuracy also improved, with deviations decreasing from ± 0.05 mm on conventional machines to ± 0.01 mm on the retrofitted machine. The cost of retrofitting, which includes purchasing servo motors, CNC controllers, and installation, amounts to approximately 40% of the cost of a new CNC machine. The initial investment in retrofitting can be recovered within 18 months through increased productivity and reduced operational costs. This modification proves to be an effective and economical solution for industries looking to enhance the performance of conventional lathes to a level comparable to CNC machines. The findings of this study are expected to serve as a reference for small and medium-sized enterprises aiming to improve their competitiveness through retrofitting technology.

Keywords: lathe machine, retrofit, CNC

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Perkembangan teknologi khususnya pada bidang manufaktur semakin pesat, seiring berkembangnya zaman, kemajuan teknologi berdampak disegala sektor industri, baik sektor jasa maupun sektor produksi. Berdasarkan hal tersebut sektor industri harus dapat mengikuti perkembangan dan kemajuan teknologi, untuk mengikuti perkembangan tersebut diperlukan perubahan strategi produksi pada sektor industri manufaktur untuk mengimbangi persaingan pada pasar lokal maupun internasional. Adanya teknologi yang canggih sangat bermanfaat dan mempermudah dalam melakukan suatu pekerjaan, salah satu keterampilan yang jarang dimiliki oleh kebanyakan orang adalah teknik pembubutan, teknik pembubutan merupakan salah satu dasar keterampilan yang harus dikuasai oleh setiap mahasiswa khususnya pada bidang pemesinan [1]. Untuk mengoperasikan mesin bubut konvensional perlu keterampilan khusus, karena mesin tersebut masih dioperasikan secara manual terutama pada saat menggerakkan sistem penggerak eretan dan sistem penggerak *tool post*. Penggunaan mesin bubut konvensional yang cukup sulit berdampak pada kurangnya kualitas produk yang dihasilkan UMKM, terutama produk yang bentuknya rumit dan teliti. Hal tersebut berdampak pada daya saing UMKM yang semakin terus mengalami penurunan [2].

Berdasarkan Hal tersebut, timbul gagasan untuk memecahkan masalah yang ada, solusi yang dapat dilakukan adalah melakukan retrofit mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut CNC, retrofit pada mesin bubut konvensional diartikan sebagai penambahan fitur baru pada sistem lama. Retrofit tersebut dilakukan dengan tetap menggunakan komponen-komponen yang ada pada mesin bubut konvensional yang ada di *workshop*. Tipe mesin bubut yang akan dilakukan retrofit adalah CQ6125x750. Modifikasi yang dilakukan yaitu dibagian sistem mekanik, sistem mekanik mempunyai beberapa komponen pendukung, komponen pendukung ini meliputi *mounting*, *flexible coupling*, *thrust bearing*, dan motor servo. Penelitian ini fokus dibagian sistem mekanik terutama pada sistem penggerak eretan dan sistem penggerak *tool-post*, yang mana sebelumnya untuk menggerakkan eretan masih dilakukan secara manual, adanya modifikasi mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut CNC ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas produksi, efisiensi, dan mampu meningkatkan daya saing produksi pada industri kecil, bengkel, maupun UMKM [3].

2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana cara memodifikasi sistem mekanik mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut otomatis, terutama dibagian sistem penggerak eretan (*carriage*) dan sistem penggerakudukan pahat (*tool-post*).

3. Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini memodifikasi mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut CNC, dibagian sistem penggerak eretan (*carriage*) dan sistem penggerakudukan pahat (*tool-post*).

4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pengusaha kecil yang bergerak dibidang pemesinan. Manfaat yang dapat diperoleh yaitu meningkatkan daya saing produk, dan menambah wawasan mengenai otomasi.

5. Batasan masalah

- a. Memodifikasi sistem mekanik mesin bubut CQ6125X750 terutama dibagian sistem penggerak eretan dan sistem penggerak *tool post*,
- b. Melakukan pengujian pada sistem mekanik mesin bubut yang telah dimodifikasi.

6. Sistematika penulisan

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II STUDI LITERATUR

Pada bab ini dijelaskan tentang kajian pustaka, sistem mekanik, *software* pemodelan atau perancangan, sistem transmisi, pemilihan material, motor servo, dan perakitan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang tahapan penelitian, tempat penelitian, desain konsep sistem mekanik mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut retrofit, *assembly* konstruksi mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut retrofit.

BAB IV ANALISIS DAN DATA

Pada bab ini dijelaskan tentang pengujian gerak sumbu X dan gerak sumbu Z mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut retrofit, pengujian hasil pembubutan benda kerja, serta analisis hasil pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan kesimpulan dan saran yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan sistem mekanik mesin bubut konvensional menjadi mesin bubut retrofit.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- a. Mesin bubut retrofit dengan sistem kontrol Mach3 dapat secara signifikan meningkatkan kinerja dan presisi mesin. Sistem kendali Mach3 memberikan sistem kontrol yang baik dan kemampuan pemrograman yang mudah jika dibandingkan dengan mesin bubut manual,
- b. Mesin bubut retrofit dengan menggunakan sistem kontrol Mach3 memerlukan biaya awal untuk perangkat keras dan perangkat lunak, biaya ini lebih murah dibandingkan dengan membeli mesin bubut CNC. Dalam jangka panjang mesin bubut retrofit dapat meningkatkan efisiensi dan meningkatkan produktifitas mesin bubut,
- c. Hasil perhitungan waktu siklus pemesinan berkurang dari 10 menit perkomponen menjadi 7 menit setelah dilakukan modifikasi, dan memberikan peningkatan efisiensi waktu sebesar 30%, akurasi pemesinan juga meningkat, dari deviasi $\pm 0,05$ mm pada mesin konvensional menjadi $\pm 0,01$ mm pada mesin retrofit,
- d. Mesin bubut retrofit berhasil dirancang dan dibuat, mesin tersebut dapat dioperasikan secara otomatis yang mana sebelumnya masih dioperasikan secara manual, pada saat melakukan pengujian tidak terdapat kendala yang signifikan, dan mesin bubut retrofit dapat membuat benda-benda yang rumit serta ketelitian yang tinggi dengan baik.

2. Saran

- a. Menyempurnakan gerakan pada eretan dengan pergantian *ballscrew* untuk menghilangkan *backlash* dan memperlancar gerakan eretan.
- b. Motor penggerak *tool-post* diletakkan dibelakang agar ada ruang lebih pada saat melakukan proses pemesinan.
- c. Pastikan penggunaan lubrikasi yang tepat untuk mengurangi gesekan dan meningkatkan kestabilan, serta melakukan pengujian periodik untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan tidak ada kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Zubaidi dan, I. Syafaat “Rekondisi Sistem Mekanik Pada Mesin Bubut Sanwa C0632A,” 2012, doi: 10.1109/ISMEE54273.2021.9774165.
- [2] D. Kuncoro, “Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Menjadi Mesin Bubut CNC,” 2015, doi.org/10.21831/meknaika.v6i1.38115.
- [3] A. Rahman, Yudi, S.S, dan Dwi, A. “Pengaruh Variasi Jenis Pendingin Dan Kedalaman Potong Pada Proses Bubut Baja St60 Terhadap Umur Pahat Hss,” 2018, <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.72530>.
- [4] M. Diti Julian “Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Dengan Pengaplikasian Mach3 Serta Melakukan Penambahan Pahat Otomatis Pada Mesin Bubut Konvensional” 2023, <https://doi.org/10.46795/jda.v2i7.274>.
- [5] R. Yudi Ardiansyah "Pengujian dan Rancang Bangun *prototype* Mesin Dengan *Board, Drill 3 Axis* Berbasis *Mach3 Breakout Microstep* Motor Driver Nema 23" 2023, <https://doi.org/10.35313/irwns.v13i01.4194>.
- [6] R. Maulana, dan D. Setiawan “Implementasi Kontrol Torsi Motor Servo Menggunakan Metode PI pada Sistem *Automatic Pallet Dispenser*,” vol. 10, no. 2, 2021, <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.72970>.
- [7] M. Noviansyah. "Pengaruh kecepatan putar spindel mesin bubut retrofit" (," 2021, vol. 8, pp. 75–80, 2019, <https://doi.org/10.46788/vsa.v2i7.272>.
- [8] C. P. Mahandari, “Retrofit Mesin Bubut Konvensional Menggunakan Kendali CNC GSK 928 ,” 2014, <https://doi.org/10.46789/fma.v2i6.262>.
- [9] Sunarto. “Modifikasi Fungsi Mesin Bubut Konvensional Untuk Pembuatan Alur Pasak Pada Poros,” 2014, doi.org/10.21831/mechanika.v6i1.38115.
- [10] R. L. Christian Jacob Rego Pakasi¹⁾ dan C. P. Irvan Rondonuwu³⁾, “Modifikasi Sistem Eretan Pada *Emco Compact 5-Pc CNC Lathe*,” vol. 13, pp. 25–37, 2007, pp. 592–597, 2015, <https://doi.org/10.12962/j23373539.vsil.831>.
- [11] S. Syamsuddin, R. Nazir, dan S. Saputra, “Pengontrolan (Posisi) Motor Servo AC Dengan Metode Pengaturan Hertz,” Universitas. Andalas Medan, vol. 2, no. 27, pp. 52–61, 2007, <https://doi.org/10.46795/rmf.v2i7.274>.

- [12] A. Akhmad I. "Pengaturan Kecepatan Spindel Mesin Bubut Retrofit Menggunakan VSD", 2024 vol. 8, pp. 75–80, 2024, <https://doi.org/10.46799/rmf.v3i4.343>.
- [13] N. Yuningsih "Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung," 2022, <https://doi.org/10.35313/irwns.v13i01.4194>.
- [14] Y. Danius, "Komponen Utama Mesin Bubut Dan Eretan," pp. 4–9, 2018, <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v1i1.831>.
- [15] M. Amin dan R. Ananda, "Analisis Penggunaan Driver Mini Viktor L298N Terhadap Mobil Robot dengan Dua Perintah Android dan Arduino Nano," vol. 6, no.1, pp. 51–58, Dec. 2019, doi: 10.33330/jurteksi.v6i1.396.
- [16] Y. Nani, "Peran Mesin Bubut Dalam Industri Modern," pp. 2–4, 2014, doi: <https://doi.org/10.14710/rotasi.11.2.30-35>.
- [17] D. Safitri, M. Rameli, and R. E. AK, "Implementasi Kontroler P-PI Kaskade untuk Meningkatkan Keakuratan Mesin Bubut CNC," *J. Tek. Its*, vol. 1, no. 1, pp. 2301–9271, 2012, doi: <https://doi.org/10.46795/rdf.v2i7.274>.
- [18] G. Rhonie, "Hubungan Kedalaman Pemotongan dan Kecepatan Spindel Terhadap Akurasi Pemotongan Aluminium 6061 TU-3A Retrofit CNC Machine," vol. 20, 2023, doi: <https://doi.org/10.35313/slhdn.v13i01.4194>.
- [29] M. Iqbal, "Analisis Kerusakan Mesin Bubut CNC Yungshan Cyk-660 / 1500 Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) 2023, doi: <https://doi.org/12.21876/jrm.v2i1.137>.
- [20] K. Ditya Adi, "Retrofit Mesin Bubut Konvensional Menjadi Sistem Mesin CNC 2 Axis," *Pros. 13th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 592–597, 2015, doi: doi.org/10.12962/j23373539.v1i1.831.
- [21] R. Ramadhan, "Realtime Ray Tracing pada Objek Statik menggunakan Povray Lu" vol. 20, no. 1, pp. 67–77, 2021, doi: <https://doi.org/10.21776/jrm.v2i1.116>.
- [22] S. Nurjanah dan Yulianto, "Pengujian kinerja Mesin Bubut 3 Fasa Pada Berbagai Putaran Menggunakan *Power Quality Analyzer*" vol. 16, no. 3, pp. 63-64, 2022, doi: <https://doi.org/10.33504/manutech.v10i02.71>.
- [23] F. Tamimi, "Realisasi *Unitclamping* pada mesin Mini *Injection*," vol. 5, pp. 1–6, 2022, doi: <https://doi.org/10.30588/jeemm.v4i2.769>.

- [24] R. Akbar, dan A. Cahyadi “Proses Pembuatan *Shaft* m36 Menggunakan Mesin Bubut Di PT. Padina Baraya Jaya,” *Stima*, vol. 4, pp. 85–90, 2019, doi: <https://doi.org/10.30588/jeemm.v4i2.767>.
- [25] A. Muhammad Idkhan, “Hubungan Kedalaman Pemotongan dan Kecepatan Spindel Terhadap Akurasi Pemotongan Aluminium 6061 TU-3A Retrofit Mesin CNC,” vol. 20, 2022, doi.org/10.35313/irwns.v13i01.4194.
- [26] Danius, “Implementasi Kontroller P-PI Kaskade untuk Meningkatkan Keakuratan Mesin Bubut CNC,” *J. Tek. Its*, vol. 1, no. 1, pp. 2301–9271, 2023, doi: <https://doi.org/10.33504/manutech.v10i02.71>.
- [27] H. N. Wicaksono, G. N. Pratama, M. V. Y. Arnito, Mardiatno, and R. Kristianto, “Retrofit Mesin Cnc *Edulathe* dengan *Controller* Sinumerik 808D,” *IMDeC Ind. Mech. Des. Conf.*, vol. 2, pp. 229–236, 2020, doi.org/10.30588/jsemm.v4i2.769.
- [28] F. Mangngi, “Evaluasi Kondisi Mesin Bubut Harizon T300 Menurut Tindakan Perawatan,” vol. 12, no. 2, pp. 1–2018, <https://doi.org/10.30588/svifd.v4i2.769>.
- [29] B. S. Pradana, “Laporan Proyek Akhir Rekondisi Mesin Bubut Sanwa C0632a” 2012, doi: <https://doi.org/10.30588/vsda.v8i1.1672>.
- [30] M. Ade Iskandar and Muhammad, “Retrofit Mesin Bubut Konvensional Menjadi Sistem Mesin CNC 2 Axis,” *Pros. 13th Ind. Res. Work. Natl.*, pp. 592–597, 2022, doi.org/10.35313/imsf.v13i01.4194.
- [31] T. Supriyono, M. Ramamdani, H. Soemantri, dan Murtalim, "Uji Performansi Solar Panel Kapasitas 100 Wp , " *Jurnal Teknik Mesin Mechanical xplore*, vol . 2, no. 2, hlm. 35-48, Mar 2022, doi: 10.36805/jtmmx.v2i2.2172.