

**ANALISIS PENGARUH JENIS MATERIAL TERHADAP
KEKUATAN RANGKA MESIN CNC
*ROUTER CUTTING 3 AXIS***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Penulisan Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Pada Progam Studi Teknik Mesin UNP Kediri



Oleh:

MOHAMMAD SUSANTO

NPM: 2213010099

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2026

Skripsi Oleh:
MOHAMMAD SUSANTO
NPM. 2213010099

Judul:
**ANALISIS PENGARUH JENIS MATERIAL TERHADAP
KEKUATAN RANGKA MESIN CNC
*ROUTER CUTTING 3 AXIS***

Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Sidang Skripsi
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Tanggal: 29 Juni 2026

Pembimbing I

Pembimbing II



Hesti Istiqlalayah, S. T., M. Eng.
NIDN : 0709088301



Haris Mahmudi, S.Pd, M.Pd
NIDN : 0723118801

Skripsi Oleh:
MOHAMMAD SUSANTO

NPM. 2213010099

Judul:
**ANALISIS PENGARUH JENIS MATERIAL TERHADAP
KEKUATAN RANGKA MESIN CNC
ROUTER CUTTING 3 AXIS**

Telah Dipertahankan di Depan Panitia Sidang Skripsi
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Pada Tanggal; 15 Juli 2026

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji :

- | | |
|---------------|-------------------------------------|
| 1. Ketua | : Hesti Istiqlaliyah, S.T, M. Eng |
| 2. Penguji I | : Mohammad Muslimin Ilham, S.T, M.T |
| 3. Penguji II | : Haris Mahmudi, S.Pd, M.Pd |



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Dr. Sanstiono, M. Si.
NIDN. 0007076801

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : MOHAMMAD SUSANTO
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Tempat/Tgl.Lahir : Ds. Tanjung Tani RT/RW 004/001, Kec.
Prambon, Kab. Nganjuk
NPM : 2213010099
Fak/Prodi : Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer / Teknik
Mesin

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 29 Juni 2026

Yang Menyatakan



MOHAMMAD SUSANTO

NPM: 2213010099

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah: 286)

Persembahan :

Alhamdulillahirobbil’alamiin, segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Dengan penuh rasa syukur, karya sederhana ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta, atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, serta dukungan yang tiada henti. Terima kasih telah menjadi kekuatan terbesar dalam setiap langkah perjuangan penulis.
2. Secara khusus, karya ini penulis persembahkan kepada Fathisa Aliefya Astri Fallah, yang senantiasa memberikan doa, semangat, perhatian, serta dukungan dalam setiap proses perjuangan ini. Terima kasih telah menjadi penyemangat dan selalu percaya pada setiap langkah yang penulis tempuh.
3. Terima kasih pula kepada keluarga, sahabat, teman-teman seperjuangan, serta semua pihak yang telah memberikan doa, bantuan, dan dukungan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi sesama dan menjadi amal kebaikan, sebagaimana sabda Rasulullah SAW: "Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya." (HR. Ahmad).

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kekuatan rangka mesin CNC Router Cutting 3 Axis dengan membandingkan pengaruh berbagai jenis material terhadap stabilitas strukturalnya. Rangka merupakan komponen vital yang menopang seluruh sistem mesin, sehingga diperlukan analisis mendalam untuk memastikan tingkat kekakuan dan keamanan yang optimal guna menjaga akurasi pemotongan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*. Analisis dilakukan dengan memberikan pembebanan statis sebesar 60 kg (600 N) pada struktur rangka. Variasi material yang diuji meliputi *Hollow* ASTM A500 Grade C, *Hollow* ASTM A36, Profil Siku ST 37, dan Profil Siku ASTM A36. Parameter utama yang diukur adalah tegangan *Von Mises*, perpindahan (*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa material *Hollow* ASTM A500 Grade C merupakan pilihan yang paling optimal dengan nilai tegangan maksimum sebesar 51,23 MPa, yang jauh di bawah batas luluh (*yield strength*) material sebesar 345 MPa. Material ini juga menunjukkan kekakuan yang sangat baik dengan nilai perpindahan maksimum hanya 3,409 mm dan memiliki faktor keamanan tertinggi sebesar 6,7. Sebaliknya, material profil siku (ST 37 dan ASTM A36) dinyatakan tidak aman karena nilai tegangannya melampaui batas luluh (mencapai 357,4 MPa) dan memiliki faktor keamanan di bawah 1,0, yang berisiko mengalami deformasi permanen. Dengan demikian, penggunaan material *Hollow* ASTM A500 Grade C sangat direkomendasikan untuk konstruksi rangka mesin CNC Router 3 Axis guna menjamin keandalan dan performa mesin.

Kata Kunci: CNC Router 3 Axis, Rangka Mesin, SolidWorks, *Finite Element Analysis* (FEA), Kekuatan Material.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur dipanjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Kuasa, karena hanya atas perkenan-Nya tugas penyusunan proposal ini dapat diselesaikan. Penyusunan Puji proposal ini merupakan bagian dari rencana penelitian guna penyusunan skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin UNP Kediri. Pada kesempatan ini diucapkan terimakasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd, selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri.
2. Dr. Sulistiono M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri.
3. Hesti Istiqlaliyah, S. T., M. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri yang senantiasa memberikan motivasi dan bimbingan kepada seluruh mahasiswa.
4. Haris Mahmudi, S.Pd, M.Pd . selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen dan Staf di Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, serta pengalaman selama masa perkuliahan.
6. Kedua Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan moral maupun materil yang tak ternilai, menjadi sumber semangat utama bagi penulis dalam menyelesaikan proposal sempro.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan, khususnya di Program Studi Teknik Mesin, yang telah memberikan semangat.

Kediri, 01 Desember 2025



MOHAMMAD SUSANTO

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRACK.....	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Batasan Masalah.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
A. Teori dan Penelitian Terdahulu	7
B. Kerangka Berpikir.....	28
C. Hipotesis Penelitian.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Desain Penelitian.....	31
B. Instrumen Penelitian.....	32
C. Variabel Penelitian	32
D. Prosedur Penelitian.....	33

E. Tempat dan Waktu Penelitian	36
F. Teknik Pengumpulan Data	37
G. Teknik Pendekatan Penelitian	37
H. Langkah-langkah Teknis <i>SolidWorks</i>	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	42
A. Hasil Penelitian	42
B. Pembahasan	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
A. KESIMPULAN	58
B. SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Baja ASTM A36 Profil Siku	12
Gambar 2. 2 <i>Hollow</i> ASTM A36	15
Gambar 2. 3 Hasil simulasi tegangan <i>Von Mises</i>	21
Gambar 2. 4 Kontur displacement pada rangka	22
Gambar 2. 5 Nilai safety factor dengan material ASTM A36	23
Gambar 2. 6 Simulasi Stress (<i>Von Mises</i>).....	24
Gambar 2. 7 Simulasi Displacement.....	24
Gambar 2. 8 Simulasi Factor of Safety	25
Gambar 2. 9 Hasil Simulasi <i>Von Mises</i> Stress	27
Gambar 2. 10 Hasil Simulasi Displacement	28
Gambar 2. 11 Hasil Simulasi Factor Of Safety.....	28
Gambar 2. 12 kerangka berfikir	29
Gambar 3. 1 Desain Keseluruhan 3D Mesin Cnc <i>Router</i> Cutting 3 Axis.....	29
Gambar 3. 2 Desain Rangka Mesin Cnc <i>Router</i> Cutting 3 Axis.....	30
Gambar 3. 4 Desain Rangka Mesin Cnc <i>Router</i> Cutting 3 Axis Tampak atas	30
Gambar 3. 3 Desain Rangka Mesin Cnc <i>Router</i> depan.....	30
Gambar 3. 5 Deain Rangka Mesin Cnc <i>Router</i> tampak samping	30
Gambar 3. 6 Diagram Alir	34
Gambar 3. 7 Tampilan Softwarer Solirdwork.....	38
Gambar 3. 8 Membuka menu New	38
Gambar 3. 9 Pilih Part.....	39
Gambar 3. 10 Membuat Skertsa.....	39
Gambar 3. 11 Mernerntukan tools yang di perlukan.....	40
Gambar 3. 12 Simulation, New Study, Klik ok	41
Gambar 4. 1 Desain 3D Mesin CNC Router Cutting 3 Axis	42
Gambar 4. 2 Hasil <i>Stress</i> Rangka Profil siku ASTM A36	43
Gambar 4. 3 Hasil <i>Stress</i> Rangka Profil siku ST 37	43
Gambar 4. 4 Hasil <i>Stress</i> Rangka <i>Hollow</i> ASTM A36.....	44
Gambar 4. 5 Hasil <i>Stress</i> Rangka <i>Hollow</i> ASTM A500 Grade C	45
Gambar 4. 6 Hasil <i>Displacement</i> material <i>Profil siku</i> ASTM A36	46

Gambar 4. 7 Hasil <i>Displacement</i> material <i>Profil siku ST 37</i>	47
Gambar 4. 8 Hasil <i>Displacement</i> Rangka <i>Hollow ASTM A36</i>	47
Gambar 4. 9 Hasil <i>Displacement</i> Rangka <i>Hollow ASTM A36</i>	48
Gambar 5. 1 Hasil <i>Safety Factor</i> Rangka <i>Profil siku A36</i>	51
Gambar 5. 2 Hasil <i>Safety Factor</i> Rangka <i>Profil siku ST 37</i>	52
Gambar 5. 3 Hasil <i>Safety Factor</i> Rangka <i>Hollow ASTM A36</i>	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 perbandingan material dan profil rangka mesin.....	10
Tabel 2. 2 Properties ASTM A36	11
Tabel 2. 3 Properties hol Gambar	14
Tabel 3. 1 Waktu Pelaksanaan	36
Tabel 4. 1 perbandingan von mises stress	46
Tabel 4. 2 Perbandingan Displacement	49
Tabel 4. 3 Perbandingan Safety Factor	53
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Rangka	54

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dengan pertumbuhan sektor industri manufaktur yang terus meningkat seiring kemajuan teknologi dan kebutuhan produksi yang menuntut ketelitian serta efisiensi tinggi. Penggunaan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) Router 3 Axis sebagai bagian dari proses manufaktur telah menjadi fokus penelitian karena kemampuannya dalam menghasilkan potongan material yang akurat dan presisi melalui kontrol otomatis pada tiga sumbu gerak (X, Y, Z). Dalam penelitian (Firgiawan & Nurcahyanie, 2025), dikemukakan bahwa pengembangan desain dan optimasi mesin CNC Router 3 Axis mampu meningkatkan akurasi pemotongan serta kinerja operasional mesin, sehingga memenuhi kebutuhan produksi modern yang semakin kompleks dan presisi tinggi. Mesin ini tidak hanya penting bagi industri manufaktur besar tetapi juga relevan untuk usaha menengah dan kecil yang membutuhkan kualitas produk konsisten dan efisiensi waktu produksi.

Dalam menghadapi intensifikasi persaingan di pasar internasional yang ditandai oleh dinamika permintaan yang semakin kompleks, variatif, dan berorientasi pada efisiensi waktu serta kualitas tinggi, industri manufaktur dituntut untuk melakukan reformulasi strategi produksinya secara menyeluruh. Salah satu langkah strategis yang mempercepat siklus produksi melalui penerapan metode manufaktur yang lebih inovatif dan adaptif terhadap perkembangan teknologi. Hal ini mencakup integrasi sistem otomasi yang memungkinkan fleksibilitas dan keakuratan yang tinggi, menggantikan peran mesin-mesin konvensional yang semakin tidak relevan dalam konteks kebutuhan industri modern. Diperlukan perubahan strategi produksi dalam industri manufaktur untuk menghadapi persaingan di pasar internasional. Produk-produk baru harus diproduksi dengan lebih cepat menggunakan metode yang lebih inovatif (Anam, 2025).

Pada akhirnya, mesin-mesin konvensional akan beralih dengan mesin otomasi. Sistem otomasi merupakan teknologi yang berkaitan dengan

penerapan sistem mekanik, elektronik, dan berbasis komputer untuk menjalankan proses secara otomatis (Siregar, 2025). Teknologi tersebut menggabungkan prinsip-prinsip mekanika, elektronika, dan teknologi informasi berbasis komputer untuk menciptakan proses operasional yang mampu berjalan secara mandiri, minim intervensi manusia, dan berorientasi pada efisiensi, konsistensi, serta akurasi tinggi. Dengan menggunakan sistem ini, tugas-tugas yang dikerjakan manual dapat diselesaikan secara otomatis. *Computer Numerical Control* (CNC) adalah salah satu inovasi teknologi permesinan yang bekerja secara otomatis untuk memenuhi kebutuhan produksi, terutama dalam pembuatan produk dengan bentuk kompleks, tingkat presisi tinggi, dan pengerjaan benda yang tidak dapat dilakukan menggunakan mesin konvensional (Wibowo, 2025).

Mesin CNC *Router* adalah alat yang dilengkapi dengan teknologi DSP (*digital signal processing*) untuk memotong atau mengukir berbagai bahan. Mesin ini dapat dioperasikan secara otomatis melalui komputer atau secara manual menggunakan monitor portable (Anam, 2024). Fungsi utama mesin ini meliputi pemotongan (*cutting*), pengukiran (*engraving*), dan pemberian tanda atau marka (*marking*)

Meskipun mesin CNC memiliki keunggulan dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pemesinan, penerapannya di lingkungan pendidikan dan industri skala kecil masih menghadapi kendala utama, yaitu biaya investasi yang relatif tinggi serta dimensi mesin yang besar (Herawati, 2026). Kondisi ini juga terjadi pada mesin CNC *Router* 3 Axis yang umumnya dirancang untuk kebutuhan industri, sehingga membutuhkan ruang kerja yang luas dan biaya pengadaan yang tidak terjangkau oleh banyak institusi pendidikan vokasional dan politeknik. Keterbatasan akses terhadap mesin CNC *Router* 3 Axis tersebut berdampak pada kurang optimalnya pembelajaran berbasis praktik, padahal penguasaan teknologi CNC melalui praktik langsung sangat penting untuk membentuk kompetensi mahasiswa dalam memahami sistem mekanik, pemrograman, dan parameter pemesinan (Sumiati, 2025). Oleh karena itu, diperlukan penelitian dan perancangan ulang mesin CNC *Router* 3 Axis yang memiliki ukuran lebih ringkas, biaya lebih ekonomis, namun tetap mampu

menghasilkan tingkat presisi dan kinerja yang memadai, sehingga dapat digunakan secara efektif sebagai media pembelajaran dan pendukung pengembangan keterampilan sesuai kebutuhan industri manufaktur modern.

Kehadiran mesin CNC *Router* portabel menjadi solusi untuk menjawab tantangan tersebut, karena lebih fleksibel, hemat biaya, dan mudah dioperasikan. Terlebih lagi, penggunaan perangkat lunak Mach3 sebagai sistem kontrol serta motor *stepper Nema 23* memungkinkan kontrol gerakan sumbu yang lebih stabil dan akurat. Kombinasi ini dinilai mampu memberikan performa yang layak untuk kebutuhan pelatihan maupun produksi ringan (Elmiawan, 2022).

Rangka mesin CNC *Router* 3 Axis merupakan komponen struktural utama yang berfungsi menopang seluruh sistem mesin, seperti meja kerja, *gantry*, motor penggerak, sistem transmisi, dan *spindle*. Kualitas rangka sangat menentukan tingkat kekakuan, kestabilan, serta akurasi pemotongan mesin selama proses operasi (Rafiq, 2026). Namun, pada desain rangka mesin CNC *Router* 3 Axis yang banyak digunakan saat ini, khususnya pada mesin skala pendidikan dan industri kecil, umumnya masih menggunakan konstruksi sederhana dengan pertimbangan utama pada kemudahan fabrikasi dan biaya yang relatif rendah. Akibatnya, aspek kekakuan struktural dan distribusi beban sering kali belum dianalisis secara mendalam.

Desain rangka yang sudah ada umumnya dibuat dari profil baja atau aluminium dengan konfigurasi rangka terbuka dan sambungan las tanpa perhitungan tegangan serta defleksi yang terukur. Kondisi ini menyebabkan rangka rentan mengalami deformasi dan getaran ketika menerima beban statis maupun dinamis selama proses pemotongan, terutama akibat gaya potong *spindle* dan pergerakan *gantry*. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa defleksi rangka yang berlebihan dapat menurunkan akurasi dimensi, memperburuk kualitas permukaan hasil pemesinan, serta mempercepat keausan komponen mekanis mesin CNC *Router* 3 Axis (Mukhtar & Akrianto, 2022).

Rangka mesin CNC *Router* 3 Axis hasil perancangan memiliki keunggulan utama berupa peningkatan kekakuan struktur melalui konfigurasi rangka tertutup dan penambahan elemen pengaku pada bagian kritis, sehingga mampu

menurunkan nilai defleksi akibat beban statis maupun dinamis selama proses pemesinan. Berdasarkan hasil analisis *Finite Element Analysis* (FEA), distribusi tegangan *Von Mises* pada rangka menunjukkan pola yang lebih merata dengan konsentrasi tegangan yang lebih rendah pada sambungan las dan titik tumpu, sehingga risiko kegagalan struktural dapat diminimalkan (Santosa, 2025). Kekakuan struktur yang lebih baik juga berkontribusi terhadap peredaman getaran yang ditimbulkan oleh gaya potong *spindle* dan pergerakan *gantry*, yang berdampak langsung pada peningkatan stabilitas mesin, akurasi pergerakan sumbu, serta kualitas permukaan hasil pemotongan. Selain itu, pemilihan material dan dimensi profil rangka yang dioptimalkan melalui simulasi memungkinkan tercapainya efisiensi material tanpa mengurangi faktor keamanan, sehingga umur pakai komponen mekanis mesin CNC Router 3 Axis dapat meningkat dan kebutuhan perawatan dapat dikurangi.

Oleh karena itu, dilakukan perancangan rangka mesin CNC Router Cutting 3 Axis yang didasarkan pada analisis kekuatan struktural menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA). Rangka merupakan komponen utama mesin yang berfungsi sebagai tumpuan dan penopang beban operasional, sehingga memiliki pengaruh langsung terhadap kestabilan, efisiensi produksi, serta kualitas benda kerja yang dihasilkan (Mudakir, 2023). Perancangan ulang ini bertujuan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kekakuan rangka melalui optimalisasi konfigurasi struktur, pemilihan material, serta dimensi profil rangka agar mampu menahan beban kerja secara aman dan stabil. Analisis yang dilakukan meliputi tegangan *Von Mises*, defleksi maksimum, dan faktor keamanan dengan pembebanan yang merepresentasikan kondisi kerja aktual mesin. Melalui pendekatan tersebut, diharapkan desain rangka yang dihasilkan memiliki deformasi yang lebih kecil, tingkat kestabilan yang lebih baik, serta mampu meningkatkan presisi dan keandalan mesin CNC Router Cutting 3 Axis baik sebagai mesin produksi maupun sebagai media pembelajaran, sehingga dapat mendukung kelancaran proses produksi secara optimal.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil identifikasi permasalahan serta batasan pada perancangan Mesin CNC *Router Cutting 3 Axis*, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perancangan rangka Mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*?
2. Bagaimana hasil analisis kekuatan rangka dengan variasi material *Hollow ASTM A36*, *Hollow ASTM A500 Grade C*, *Angle Iron ST 37* dan *Angle Iron ASTM A36*?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari perancangan dan analisis alat yang hendak dicapai berdasarkan rumusan masalah sebelumnya tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang rangka Mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*.
2. Menganalisis kekuatan rangka dengan variasi material *Hollow ASTM A36* dan *Angle Iron ASTM A36*?

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan di bidang teknik mesin, khususnya mengenai perancangan dan analisis kekuatan rangka Mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* menggunakan metode simulasi berbasis perangkat lunak *SolidWorks*, serta sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis struktur rangka mesin CNC. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan material rangka yang optimal antara *Hollow ASTM A36* dan *Angle Iron ASTM A36*, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perancangan mesin CNC *Router Cutting 3 Axis* yang memiliki kekuatan, kekakuan, dan efisiensi yang lebih baik, khususnya untuk kebutuhan pendidikan dan industri skala kecil dan menengah.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada perancangan dan analisis kekuatan rangka Mesin CNC *Router Cutting* 3 Axis menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*.
2. Analisis yang dilakukan meliputi analisis statik, yaitu perhitungan dan simulasi tegangan, defleksi, dan faktor keamanan rangka akibat beban kerja yang diberikan.
3. Beban yang dianalisis dibatasi pada beban statis, yang berasal dari berat komponen mesin seperti rangka, *gantry*, motor, dan *spindle*, serta tidak mempertimbangkan beban dinamis dan getaran selama proses pemesinan.
4. Material rangka yang dianalisis dibatasi pada *Hollow* ASTM A36 dan *Angle* *Iron* ASTM A36 sebagai bahan pembanding dalam menentukan material yang paling optimal.

Penelitian ini tidak membahas aspek sistem kontrol, pemrograman CNC, sistem kelistrikan, maupun proses pemotongan material, melainkan hanya berfokus pada kekuatan struktur rangka mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwibowo, I. P. H., Faizin, K. N., Daryanto, S. T., Suhana, I. A., Eng, I. A., Yafid Effendi, S. T., ... & Magga, I. R. (2026). *MATERIAL DAN PROSES MANUFAKTUR TEKNIK MESIN*. CV Rey Media Grafika. https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=pmHdEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Dalam+engineering+materials,+material+Pemahaman+mendalam+tentang+struktur+internal+material+termasuk+susunan+atom,+ikatan+kimia,+dan+fase+fase+yang+ada+merupakan+kunci+untuk+memahami+bagaimana+material+berperilaku+di+bawah+kondisi+yang+berbeda,+seperti+tekanan,+suhu,+atau+beban&ots=cft5fM8t1j&sig=T-nRPzb3q9OrREbP-2Zkxn0_j_0
- Aldiansyah, A. Y. (2025). PENGARUH METODE PEMOTONGAN PLAT BAJA ST37 TERHADAP KEKUATAN TARIK. *Jurnal Teknik Mesin*, 85-92. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/70880>
- Anam, C., Nur, K. M., Muzaka, K., & Wicaksono, D. W. (2024). Penerapan Teknologi Mesin CNC Ukir/Router untuk Meningkatkan Nilai Ekonomis terhadap Produk Kerajinan dari Limbah Kayu Kelapa pada Kelompok UKM Desa Labanasem, Kabupaten Banyuwangi. *JPP IPTEK (Jurnal Pengabdian Dan Penerapan IPTEK)*, 8(1), 9-16. <https://ejurnal.itats.ac.id/jpp-ipitek/article/view/5267>
- Anam, N., & Utama, F. Y. (2025). PENGARUH VARIASI FEED RATE TERHADAP AKURASI PEMOTONGAN MESIN CNC ROUTER PORTABEL 3 AXIS MENGGUNAKAN KONTROL MACH3 DAN MOTOR STEPPER NEMA 23. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(03), 81-86. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/71890>
- Arief, J. (2024). *Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Singkong Semi Otomatis Menggunakan Software Solidworks* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat). <http://eprints.umsb.ac.id/3509/>
- Awali, J., & Ismail, A. I. (2025). ANALISIS JARAK GRID HARDFACING TERHADAP NILAI KEKUATAN BENDING PADA MATERIAL ASTM

- A36: Hardfacing. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 211-220.
<https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/1869>
- Elmiawan, P., Dharmanto, A., Fazalul, M., & Arief, R. (2022). Mach Based Low Budget CNC Router Machine Accuracy 3. *Journal of ROTOR*, 15(2), 70-75.
- Feryansyah, M. A., & Mahmudi, H. (2025, July). Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pengupas Kulit Kacang Tanah Menggunakan Software Solidwork. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 9, No. 2, pp. 1350-1358).
<https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/7630>
- Ficki, M. A., Kardiman, K., & Fauji, N. (2022). Simulasi Beban Rangka Pada Mesin Penggiling Sekam Padi Menggunakan Perangkat Lunak. *Rotor*, 15(2), 44-52.
<https://scholar.archive.org/work/z33nb6h7hvekfiyrmu5hp715ye/access/wa>
[yback/https://jurnal.unej.ac.id/index.php/RTR/article/download/32447/12064](https://jurnal.unej.ac.id/index.php/RTR/article/download/32447/12064)
- Firgiawan, M. R., & Nurcahyanie, Y. D. (2025). Optimizing 3-Axis CNC Router Design: Using QFD and DFM for Enhanced Precision and Efficiency. *bit-Tech*, 8(1), 118-126. <https://jurnal.kdi.or.id/index.php/bt/article/view/2407>
- Hanafi, D., Prabadhi, I. A., & Hertantyo, G. B. (2025). Perancangan desain user interface/user experience: Systematic literature review. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(3), 4665-4671.
<https://ejournal.itn.ac.id/jati/article/view/13782>
- Harahap, J., Putra, T. E., & Hamdani, A. R. I. S. (2026). *STRESS ANALYSIS With: an Introduction to Finite Element Methods*. PENERBIT KBM INDONESIA.
<https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=IRDYEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Finite+Element+Method+atau+Metode+Elemen+Hingga+merupakan+metode+numerik+untuk+menyelesaikan+permasalahan+dengan+cara+membagi+objek+analisis+menjadi+bagian+kecil+yang+terhingga.+Kemudian+bagian+kecil+tersebut+dianalisa+dan+hasilnya+digabung+&ots=Iy2hpUCXrJ&sig=m1iCcAv2G4UiFtbEXmjoq6CTSh4>

- Herawati, L., Setiawan, A. H., Nuha, M. U., & Wargiono, D. (2026). Evaluasi Perbandingan Efisiensi Proses Produksi Komponen Logam Menggunakan Mesin Bubut Manual dan CNC. *TEPI: Jurnal Teknologi Pendidikan dan Industri*, 2(1), 1-5.
<https://ejournal.itmnganjuk.ac.id/index.php/tepi/article/view/53>
- Imanto, T., Judijanto, L., Khodijah, T., Hafildah, N., Huda, F. M., & Azhari, I. (2025). *Desain Komunikasi Visual: Kreativitas Tanpa Batas*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=cQ6bEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA51&dq=Desain+juga+diartikan+sebagai+upaya+merancang+solusi+fungsional+dan+estetis+terhadap+suatu+permasalahan+melaui+pendekatan+sistematis+dan+kreatif.+&ots=2Y9thm5AZj&sig=X_sfxJCJYm5yHAqHFEYQ7fPTBu4
- Irwan, M., Daryanto, M. A. G., Junaidi, E. W., Kurniawan, A., Chin, J., Porawati, H., & Penerbit, T. (2024). DASAR-DASAR TEKNIK MESIN.
https://www.researchgate.net/profile/Junaidi-2/publication/394431750_DASAR-DASAR TEKNIK MESIN/links/6899ebcc659b52652cdee6c6/DASAR-DASAR-TEKNIK-MESIN.pdf
- Kharisma, A. A., & Ajiwiratama, M. D. (2023). Pengaruh kekuatan mata pisau mesin pencacah kompos menggunakan metode finite element analysis. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 18(1), 90-95.
<https://pdfs.semanticscholar.org/a850/d3c04877a0953f9a68301a928027ba489482.pdf>
- Lasty Dinulfy, R. K. S., Machmuddin Muhammad, S. T., Muhammad Nuh Arifiandi Hadiputra, S. T., Ir Sahabuddin Latif, S. T., & MT, I. (2025). *Material Arsitektur. Arsy Media*.
<https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=7xueEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Besi+profil+Hollow+sering+digunakan+dalam+berbagai+aplikasi,+mulai+dari+rangka+bangunan,+struktur+atap,+hingga+perabotan+dan+elemen+dekoratif.&ots=eUCGbGXgeX&sig=bwlMOqHNUgf-9zuqXUR-gPM71Aq>

- MUDAKIR, M. R. A., Malik, I., & Sani, A. A. (2023). PERANCANGAN DAN ANALISIS STRUKTUR STATIS PADA MEJA CNC PLASMA CUTTING MENGGUNAKAN SOLIDWORKS. *MACHINERY Jurnal Teknologi Terapan*, 4(1), 28-35.
- Mukhtar, M. N. A., & Akrianto, M. A. (2022). DESAIN RANCANGAN GANTRY: DESAIN RANCANGAN GANTRY CNC ROUTER 3 AXIS DENGAN PENDEKATAN TOPOLOGY. *ELEMEN: JURNAL TEKNIK MESIN*, 9(2), 131-139.
- Mulyanto, T., & Muchlis, A. (2026). Perancangan Mesin Pencacah Pakan Ternak dengan Pengaturan Ukuran Cacahan 2–15 mm Menggunakan SolidWorks dan Analisis FEA pada Poros. *Inovasi Mekanikal dan Aplikasi Teknik Mesin*, 2(1), 12-28.
<https://journal.iset.or.id/index.php/IMPAK/article/view/103>
- Nugroho, E. A., & Suryady, S. (2022). Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Pencacah Limbah Plastik Kapasitas 125l. *Presisi*, 24(2), 18-25.
<https://journal.istn.ac.id/index.php/presisi/article/download/1318/874>
- Pancarana, I. D. M., Putrawan, I. M. A., & Gunawan, I. M. R. (2025). Rancang bangun mesin CNC router 3 axis dengan penggerak ballscrew untuk kerajinan acrylic. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 8(1), 165-178. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME/article/view/22135>
- Pilargenta, H., Putri, C. M., Fathur, M. D., & Qoroni, M. A. A. (2024). ANALISA FAKTOR KEAMANAN PADA PERANCANGAN ALAT DIE CUTT MENGGUNAKAN SIMULASI FEA. *TESME*, 1(1), 144-155.
<https://tesme.upnjatim.ac.id/index.php/tesme/article/view/58>
- Prasetyo, R., Lestari, M. S., Komariah, A., Suprpto, S., & Sari, M. P. (2025). Pelatihan Desain Menggunakan Software SolidWorks dan 3D Printing untuk Siswa SMK. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 6(1), 20-28. <https://journal.uui.ac.id/JATTEC/article/view/36180>
- Pratama, A. B., Wijayanto, H. L., & Wirakusuma, K. W. (2023). MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA DAN BAHAN COMPUTER NUMERICALLY

- CONTROLLED (CNC) ROUTER MINI 3 AXIS: Indonesia. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2), 79-86.
<http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/article/view/1069>
- Prayitno, A. D., & Rhohman, F. (2023, July). Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pencampur Irisan Bawang Merah Dengan Tepung Kapasitas 20. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 7, No. 3, pp. 1145-1158).
<https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/3553>
- Putra, A. S., & Ardhana, A. (2024). Tinjauan Komparatif Aplikasi Finite Element Method (FEM) Untuk Pemodelan Dan Analisis Perilaku Struktur Kompleks. *Journal of Infrastructure and Construction Technology*, 2(2), 59-65. <https://jictech.ejournal.unri.ac.id/index.php/jictech/article/view/38>
- Putri, I. P., Apriyanto, A., Defrian, A., Febrianton, A., Cut, B., & Romiyadi, R. (2025). PENGANTAR ELEMEN MESIN.
<https://media.neliti.com/media/publications/668730-pengantar-elemen-mesin-1b299b59.pdf>
- Rafiq, R. N., Karmiati, B. T., Ikanigsih, M. A., Nurdini, L., & Rosihan, W. A. (2026). Perancangan Rangka Mesin CNC Router Sebagai Alat Penunjang dalam Pembuatan Pola Cetakan pada Pengecoran Logam Skala Laboratorium. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 14(1), 63-70.
<http://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/jtt/article/view/2874>
- Rafli, M., Jamari, J., & Winarni, T. I. (2025). ANALISIS VON MISES STRESS PADA TULANG L1 HINGGA L2 DENGAN KONDISI PEMBEBANAN MULTIAXIAL MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 13(2), 47-50.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/50970>
- Ridwan, F., & Widodo, W. S. (2023). Rancang Bangun Mesin Potong Logam Plasma CNC 3 Axis. *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)*, 8(1), 16-25. <https://e-journal.president.ac.id/index.php/JMEM/article/view/3450>
- Ruanda, R. (2025). RANCANG BANGUN MESIN CNC (COMPUTER NUMERICAL CONTROL) PERANCANGAN FRAME ROBOT DENGAN

- SISTEM MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO* (Doctoral dissertation, Universitas Malikussaleh). <https://rama.unimal.ac.id/id/eprint/16332/>
- Saepudin, A., & Adiguna, S. (2025). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik pada Sambungan Material Baja Karbon Rendah ASTM A36 dengan Proses Pengelasan SMAW. *INFOTEX: Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Teknik*, 3(2), 89-98. <https://ojs.stttxmaco.ac.id/index.php/infotex/article/view/181>
- Saefudin, S., Afif, I. Y., Raharjo, S., Nugroho, H. A., Cahyandari, D., Subri, M., & Zein, H. A. S. (2024). Peningkatan Keterampilan Menggambar Teknik menggunakan Software CAD untuk siswa SMK. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 6(2), 91-97. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/JPMT/article/view/21484>
- Santosa, A. R., Kurdi, O., & Haryadi, G. D. (2025). ANALISIS KEGAGALAN SAMBUNGAN LAS PADA UPPER STUCTURE BUS LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 13(3), 273-276. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/53301>
- Saputra, E., Carli, C., Hartono, H., Sunarto, S., & Sai'in, A. (2023). Investigasi Permukaan Besi Square Hollow Hasil Pengerollan menggunakan Teknologi Mesin Roller Bending. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(1), 65-74. <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/4382>
- Siregar, Z. H., Mubarak, A. A., Djuli, Y. S., Irwan, H., Bora, M. A., Merjani, A., ... & Edi, F. (2025). Pengantar Teknik Mesin dan Industri. https://www.researchgate.net/profile/M-Bora/publication/392798780_Pengantar_Teknik_Mesin_dan_Industri/links/68538d6c26f43051a5817f64/Pengantar-Teknik-Mesin-dan-Industri.pdf
- Sumiati, R., Adriansyah, A., Nusyirwan, N., Rama, H., & Nasirwan, N. (2025). Pelatihan Menggambar Mesin (CAD 3D Modeling Dan CAM) Untuk Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumbar. <https://akuntansi.pnp.ac.id/japepam/index.php/japepam/article/view/66>
- Suparno, J., Wijaya, A. B., Halim, D. A., Ramadhan, A. R., & Suminar, R. R. (2024). RANCANG BANGUN HOSE AND DUST COLLECTOR

- BRACKET DENGAN 3D PRINTER MATERIAL PETG FILAMENT UNTUK CNC ROUTER. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 6(3), 341-347. <http://vomek.ppj.unp.ac.id/index.php/vomek/article/view/739>
- Susilo, F. R., Ismail, R., & Setiyana, B. (2025). ANALISIS TEGANGAN VON'MISES, DEFORMASI, DAN SAFETY FACTOR PADA RANGKA SEPEDA MOTOR MATIC 110 CC MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 13(4), 13-20. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/54116>
- Syaifulloh, R., & Rusdja, A. P. (2025, December). Analisis Kekuatan Struktur Holder L Pada Robot 7 Axis Dengan Metode Finite Element Analysis (FEA). In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin* (No. 1, pp. 1155-1161). <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/4694>
- Tjiptady, B. C., Permadi, L. C., Meditama, R. F., & Nugroho, F. S. (2024). Analisis Kekuatan Velg Terhadap Kestabilan dan Kinerja CB150R Menggunakan Software Solidworks 2020. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, 3(2), 60-66. <https://ejournal.uniramalang.ac.id/metrotech/article/view/4339>
- Tsamroh, D. I., Puspitasari, P., Fauzy, M. R., Suprpto, A., & Setyawan, P. E. (2022). Microstructure Change of Aluminum 6061 through Natural and Artificial Aging. In *Nanotechnologies in Green Chemistry and Environmental Sustainability* (pp. 81-101). CRC Press. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003320746-6/microstructure-change-aluminum-6061-natural-artificial-aging-dewi-izzatus-tsamroh-poppy-puspitasari-muchammad-riza-fauzy-agus-suprpto-pungky-eka-setyawan>
- Wibowo, A. (2025). *BUKU AJAR SISTEM OTOMOSI KONSEP SEJARAH DAN IMPLEMENTASI*. Greenbook Publisher. [https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=onFxEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=Dengan+menggunakan+sistem+ini,+tugas-tugas+yang+dikerjakan>manual+dapat+diselesaikan+secara+otomatis.+Computer+Numerical+Control+\(CNC\)+adalah+salah+satu+inovasi+teknologi+permesinan+yang+bekerja+secara+otomatis+untuk+memenuhi+kebutu](https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=onFxEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR4&dq=Dengan+menggunakan+sistem+ini,+tugas-tugas+yang+dikerjakan>manual+dapat+diselesaikan+secara+otomatis.+Computer+Numerical+Control+(CNC)+adalah+salah+satu+inovasi+teknologi+permesinan+yang+bekerja+secara+otomatis+untuk+memenuhi+kebutu)

han+produksi,+terutama+dalam+pembuatan+produk+dengan+bentuk+kompleks,+tingkat+presisi+tinggi,+dan+pengerjaan+benda+yang+tidak+dapat+dilakukan+menggunakan+mesin+konvensional+&ots=5h_zSxj8Ub&sig=M2STW_FJs2QMVR9-mlhS-BvTuis

- Widyianto, A., Solikin, M., Anugrah, R. A., Hidayat, O. A., & Maira, R. L. R. N. P. (2026). Pemberdayaan Komunitas PisauMu DIY melalui Pengembangan Desain Ergonomis Pisau Lempar Model Bilah Daun Berbasis Simulasi Numerik. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 263-273. <https://www.ejournal.unma.ac.id/index.php/bernas/article/view/16125>
- Wildiy, Y. A., & Istiqlaliyah, H. (2025, July). Analisis Faktor Keamanan Rangka Mesin Chopper Bertenaga Diesel Kapasitas Produksi 60 Kg/Menit. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 9, No. 1, pp. 697-703). <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/7383>