

ANALISIS TEGANGAN RANGKA CNC ROUTER 3 AXIS 2 IN 1 MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA PADA BENDA KERJA ALUMINIUM TIPE A1100

Afton Tomi Ubaidillah¹, Indra Jufri Nuraksana², A.H. Moestofa³

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Wahidiyah Kediri.

^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Wahidiyah
(rino.imanda@gmail.com)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mendesain mesin CNC Router bersifat portable, alat ini menggunakan pahat hss dan sebagai alat potong untuk mengerjakan benda kerja, Metode penelitian yang digunakan untuk tahap perancangan yaitu melakukan studi literatur lalu menganalisa kebutuhan pembuatan mesin, memilih dan membandingkan beberapa alternatif desain, melakukan pemilihan konsep, perancangan modul laser serta, perancangan sistem gerak 3 axis, perancangan daya motor serta mensimulasikan frame dengan menggunakan metode elemen hingga. Proses pemotongan logam yang dapat diandalkan dalam kecepatan dan tingkat presisi yang baik adalah dengan menggunakan mesin CNC. Permasalahan dari cnc router yang umum digunakan di pasaran saat ini yaitu masih kurang perencanaan dalam nilai fatigue model rangka, serta tidak dilengkapi perencanaan peralatan penggerak. Mesin berbasis Computerized Numerical Control (CNC) cnc router dapat dijadikan solusi dari penunjang sistem pemotongan logam Selain itu, desain konstruksi meja pendukung benda kerja yang efektif adalah masalah penting untuk memastikan karir operasional mesin dalam jangka waktu panjang. Pada perancangan rangka mesin CNC router banyak digunakan jenis material aluminium dan baja. Dalam penelitian ini digunakan material hollow 4x4x2,5 dengan tegangan izin 203,95 mpa dengan faktor keamanan.

Kata kunci: mesin cnc, solidwork, desain

PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini terus mengalami perkembangan salah satu contoh yaitu dibidang industri (P. Industri & Menuju, 2020). Perkembangan manufaktur yang cepat telah menjadi faktor penelitian dan pengembangan lebih lanjut. Banyak Negara- negara maju pengerjaan industri menggunakan teknologi canggih serba otomatis, kemajuan ini dapat kita lihat juga di Indonesia. Yang awalnya segala pengerjaan masih menggunakan tenaga manusia, kemudian berubah menjadi mesin dan pekerja beralih menjadi operator. mengurangi biaya produksi, waktu proses produksi menjadi berkurang, kualitas produk lebih terjamin, tentu saja ini adalah dampak dari kemajuan teknologi (Syaifullah et al., 2021). Dalam

menuntut perkembangan perindustrian ini Presiden Joko Widodo meluncurkan program “Making Indonesia 4.0” pada awal April 2018. Perkembangan industri sudah mencapai tahap 4.0. Revolusi industri tidak hanya mengenai integrasi antara mesin dan manusia saja dan sistem saja, namun. Hal ini juga terjadi pada konektivitas kehidupan manusia nyata, yang di tandai dengan integrasi teknologi Internet Of Thing (IoT). (P. Industri & Menuju, 2020). Dalam perkembangan industri 4.0 persaingan produk semakin ketat dan terus meningkat dalam jumlah besar, tuntutan produk harus benar berkualitas dengan diberlakukan standar yang di berikan di pasaran Internasional maupun dalam lokal. Hal ini menuntut industri merubah proses produksi dari konvensional menjadi non konvensional. menuntut kemajuan dalam hal produksi adalah dengan mesin

cutting speed maksimum, waktu tercepat terdapat pada kondisi dimana feeding cutting dan depth of cut. Pada kondisi optimum, cutting speed tidak berpengaruh secara tidak nyata. Sedangkan feeding cutting dan depth of cut sangat berpengaruh signifikan secara nyata pada proses pemesinan. Dalam perencanaan rangka desain mesin CNC skala prototype ini ada beberapa hal yang harus di perhitungkan salah satunya material rangka yang digunakan. Namun. Dalam beberapa jurnal menunjukan material baja dengan standar minimal tegangan yang di ijinakan dengan acuan beban statis yang bekerja pada mesin (Plan & Science, 2016) Analisis pembebanan pada rangka, dilakukan menggunakan simulasi desain pada Software dan metode elemen hingga. Dasar dari elemen hingga ini membagi rangka benda menjadi menjadi elemen kecil yang berhingga jumlahnya, sehingga dapat mengitung batasan beban yang diberikan.

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir perancangan mesin cnc route

Studi literatur meliputi : pencarian berupa jurnal dan skripsi-skripsi yang sudah pernah dibuat dan terkait dengan desain cnc router.

1. Analisa Kebutuhan.

Analisa kebutuhan : menyesuaikan kebutuhan dalam aspek teknik, aspek manufaktur, aspek perakitan, aspek perawatan, aspek ergonomi dan aspek lingkungan agar memudahkan pengguna alat tersebut.

2. Konsep Desain.

Melakukan proses konsep desain dengan memberikan gambaran perbandingan dari alat yang di bangun dengan suatu pengertian mesin cnc router *cutting*.

3. Pemilihan konsep desain.

Melakukan proses pemilihan konsep desain dari beberapa konsep desain yang telah di sajikan, dengan mempertimbangkan segi keefektifitas sistem kerjanya.

4. Perancangan.

Menentukan desain model, perhitungan motor, perhitungan sumbu, perhitungan mekanisme penggerak 3 sumbu (X,Y dan Z).

5. Simulasi.

Melakukan simulasi desain dengan menggunakan *software Solidworks 2017*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

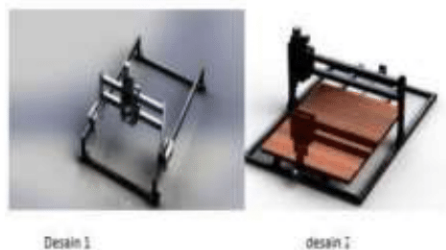
3.1 Analisa kebutuhan sistem

Mekanisme perancangan mesin *CNC Router cutting* ini menggunakan data primer dan data skunder, dimana data primer dilakukan dengan observasi dan data sekunder diperoleh dari buku, jurnal dan media internet sedangkan data primer dilakukan peninjau pada ukuran yang di butuhkan oleh

konsumsi. Sehingga dapat memperbaiki kekurangan tersebut dan akhirnya dapat diperoleh rancangan dan akan dilakukan ke proses pembuatan mesin *CNC Laser cutting* untuk pembuatan kerajinan berbahan akrilik

3.2 Desain Mesin

Konsep desain CNC Router Cutting ini terdapat beberapa komponen yang digunakan seperti gambar 2 yang dibawah ini :



Gambar 2. Desain Mesin cnc router 2 in 1 untuk produk berbahan aluminium tipe 1100.

Pada Gambar 2. terlihat bahwa mesin *cnc laser cutting* terdiri dari komponen : 1) *Frame 1*, 2) *Frame 2*, 3) *Frame 3*, 4) *L shape joint*, 5) *Mounting motor stepper*, 6) *Poros pengarah sumbu Y*, 7) *Bracket bearing sumbu Y*, 8) *Lead screw sumbu Y*, 9) *Bracket poros pengarah*, 10) *Poros pengarah sumbu X*, 11) *Lead screw sumbu X*, 12) *Bracket bearing sumbu X*, 13) *Nut*, 14) *Spacer*, 15) *Poros pengarah sumbu Z*, 16) *Lead screw sumbu Z*, 17) *Fleksible couple*, 18) *Bracket modul laser*, 19) *Modul laser*, 20) *Motor stepper*, 21) *Meja kerja*.

3.2 Fungsi komponen

- 1) *Frame 1,2,3* berfungsi sebagai penompang komponen-komponen dan motor.
- 2) *L shape joint* berfungsi sebagai penyambung *frame 1,2,3*

- 3) *Mounting motor stepper* sebagai dudukan motor stepper.
- 4) *Poros pengarah sumbu Y* berfungsi sebagai rail jalannya arah maju mundur *work area*.
- 5) *Bracket bearing sumbu Y* berfungsi sebagai dudukan/bantalan ujung *lead screw* saat berputar.
- 6) *Bracket poros pengarah* berfungsi mendukung pengunci poros.
- 7) *Poros pengarah sumbu X* berfungsi sebagai rail jalannya arah kekanan dan kekiri *bracket modul laser*.
- 8) *Lead screw sumbu X* berfungsi mendukung jalannya *bracket sumbu Z*, sehingga *bracket* tersebut bisa berjalan ke arah kanan dan kiri .
- 9) *Bracket bearing sumbu X* berfungsi sebagai dudukan/bantalan ujung *lead screw* saat berputar.
- 10) *Nut* berfungsi mendukung untuk kuncian *bracket sumbu X,Y*, dan *Z* ke *lead screw* agar bias menjalankan ketiga *bracket* tersebut.
- 11) *Spacer* berfungsi sebagai penyangga motor stepper sumbu *Z*.
- 12) *Poros pengarah sumbu Z* berfungsi sebagai rail jalannya arah keatas dan kebawah *bracket modul laser*.
- 13) *Lead screw sumbu Z* berfungsi mendukung jalannya arah *bracket modul laser*, sehingga laser dapat bergerak keatas dan kebawah.
- 14) *Fleksible couple* berfungsi sebagai alat penyambung motor stepper ke *lead*

screw.

- 15) Bracket modul laser berfungsi sebagai alat untuk mencekam modul laser.
- 16) Modul laser berfungsi untuk memotong atau menggores benda kerja.
- 17) Motor stepper berfungsi mendukung sebagai penggerak sumbu X,Y,Z.
- 18) Meja kerja sebagai dudukan/tempat benda kerja saat proses pemotongan bahan.

3.3 Perhitungan Mesin

- a. CNC Laser *Cutting* ini memerlukan adanya perencanaan daya motor yang diperlukan agar sesuai dengan kebutuhan, dihitung dengan persamaan 1.

$$n = 60 \frac{Pps}{(1)}$$

Dimana n adalah kecepatan putar motor (rpm), Pps adalah kecepatan pulsa masuk (Pulsa/detik), Ns adalah banyaknya pulsa satu kali putar (Pulsa/rotasi).

Daya motor 3 *Axis* juga dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$v = \frac{\text{Panjang lead screw sumbu X}}{\text{Pitch lead screw}} \quad (2)$$

Daya motor yang dibutuhkan untuk gerak maju dihitung dengan persamaan 3.

$$P = T_1 \cdot v \quad (3)$$

Dimana T_1 adalah torsi lead screw gerak maju, v adalah putaran *lead screw*

Daya motor yang dibutuhkan untuk gerak mundur dihitung dengan persamaan 4.

$$P = T_2 \cdot v \quad (4)$$

Dimana T_2 adalah torsi lead screw gerak mundur, v adalah putaran *lead screw*

- b. Perhitungan poros X,Y dan Z

Momen bengkok maksimum poros, dihitung dengan persamaan 5.

$$Mb \max = \frac{W \cdot L}{8} \quad (5)$$

Dimana $Mb \max$ adalah momen bengkok maks (Nmm), W adalah beban poros (N), L adalah panjang poros (mm)

Tegangan pada poros, dihitung dengan persamaan 6.

$$fg = \frac{\sigma t \max}{8} \quad (6)$$

Dimana fg adalah tegangan geser ijin (N/mm^2) dan $\sigma t \max$ adalah tegangan tarik maksimum (N/mm^2)

Diameter poros dihitung dengan persamaan 7.

$$d = \sqrt{\frac{4 \times w}{\pi \times \sigma t}} \quad (7)$$

Dimana d adalah diameter, 4 adalah satuan, w adalah beban bawaan (N), σt adalah jenis poros aluminium (N/mm^2),

- c. *Frame* Mesin, dihitung dengan persamaan 8.

$$\sigma \text{ izin} = M/E \quad (8)$$

Dimana $\sigma \text{ izin}$ adalah Tegangan Izin Suatu Bahan (N/mm), M adalah Momen Lentur (N/mm), E adalah Modulus elastisitas (mm)

- d. Momen Inersia, dihitung dengan persamaan 9.

$$I = I = \frac{1}{12}bh^3 - \frac{1}{12}b'h'^3 \quad (9)$$

- e. Tegangan Pemukaan dihitung dengan persamaan 10.

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (10)$$

- f. Tegangan *Von mises*, dihitung dengan persamaan 11.

$$safety\ factor = \frac{Field\ Plot\ Stress}{Working\ atau\ design\ stress} \quad (11)$$

Pada perhitungan mesin menghasilkan nilai seperti tabel 1, 2, 3 dan 4.

Tabel.1 hasil perhitungan daya motor mesin cnc laser cutting

Perhitungan	Hasil
Daya motor gerak maju sumbu X	6,84 Watt
Daya motor gerak mundur sumbu X	4,58 Watt
Daya motor gerak maju pada sumbu Y	9,97 Watt
Daya motor gerak mundur pada sumbu Y	4,58 Watt
Daya motor gerak maju pada sumbu Z	4,664 Watt
Daya motor gerak mundur pada sumbu Z	3,12 Watt

Tabel.2 hasil perhitungan poros X cnc laser cutting

Perhitungan	Hasil
Tegangan geser ijin poros	17 □/□□ ²
Tegangan bengkok	176 □/□□ ²
Momen bengkok	778,68 Nmm
Diameter poros	0,31 mm

Tabel 3 hasil perhitungan poros sumbu Y cnc laser cutting

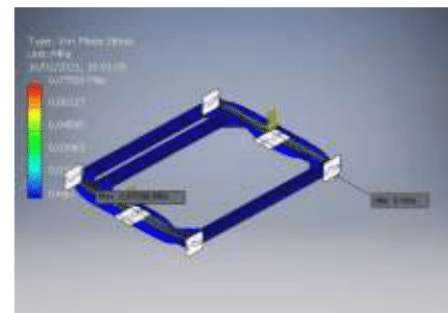
Perhitungan	Hasil
Tegangan geser ijin poros	17 □/□□ ²
Tegangan bengkok	176 □/□□ ²
Momen bengkok	292000 Nmm
Diameter poros	8 mm

Tabel.4 hasil perhitungan poros sumbu Z cnc laser cutting

Perhitungan	Hasil
Tegangan geser ijin poros	17 □/□□ ²
Tegangan bengkok	176 □/□□ ²
Momen bengkok	939000 Nmm
Diameter poros	8 mm

3.5 Analisa Tegangan pada *Frame*

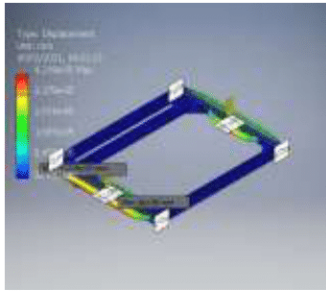
3.1 Besar tegangan *von mises* pada rangka/frame ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar. 3. Analisa Von mises stress pada *frame* cnc laser cutting

Pada gambar 3 menunjukkan distribusi tegangan ke seluruh bagian geometri mesin cnc laser cutting mempunyai nilai *von mises stress* sebesar 0,07658 Mpa dan nilai *von mises stress* minimal 0 Mpa.

3.2 Nilai *Displacement* pada mesin cnc laser cutting pada gambar 4.



Gambar .4. *Displacement* pada rangka mesin cnc laser cutting

Gambar menunjukkan distribusi tegangan ke seluruh bagian geometri rangka mesin cnc laser cutting mempunyai nilai *Displacement maximal* sebesar $4,219 \times 10^{-5}$ mm dan nilai *Displacement minimal* sebesar 0 mm..

Berdasarkan hasil penelitian terhadap desain mesin laser cutting mempunyai daya 35 Watt, daya modul laser 5,5 Watt dan torsi yang terjadi 22,58 Kg/mm yang mempunyai tegangan geser izin sebesar 17 Kg/mm² mesin ini menggunakan poros berdiameter 8 mm yang sesuai dengan bantalan 6006 yang digunakan, dengan dimensi mesin 450x400 x300, dimensi work area 300x200x35, kecepatan potong 22 s di setiap panjang akrilik 200 mm dan peneliti menggunakan metode elemen hingga dalam merancang desain dan mensimulasikan mesin cnc laser cutting.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini adalah sebagai berikut Telah dihasilkan desain mesin cnc laser cutting dengan dimensi mesin 450x400x300 , dimensi work area 300x200x35, kecepatan potong 22 s di setiap panjang akrilik 200 mm, daya penggerak 35 Watt dan daya modul laser 5,5 Watt. Hasil simulasi von mises stress menggunakan metode elemen hingga. Komponen yang dianalisa dalam penelitian ini adalah frame

mesin mendapatkan hasil simulasi nilai von-mises-stress frame adalah 0,07658 Mpa.

5. Daftar Pustaka

- [1] F. J. Daywin, D. W. Utama, W. Kosasih, and K. William, "Perancangan Mesin 3d Printer Dengan Metode Reverse Engineering (Studi Kasus di Laboratorium Mekatronika dan Robotics Universitas Tarumanagara) Frans Jusuf Daywin, Didi Widya Utama, Wilson Kosasih, Kevin William," vol. 7, no. 2, pp. 79–89, 2019.
- [2] A. R. Widiyanto, Alfi rindi, Alfi Iklima, 2018, *Prototype Pembuatan Cnc Dengan Pemanfaatan Pemanfaatan Motor Stepper Berbasis Arduino Uno*, thesis, Universitas Teknologi Yogyakarta.
- [3] B. Suprianto, "Rancang Bangun Mesin Cnc Milling 3- Axis Untuk," vol. 3, no. 1, pp. 40–47, 2019.
- [4] G. Kahl, "L aser- c apture m icrodissection (LCM) ," *Dict. Genomics, Transcr. Proteomics*, vol. 15, no. 01, pp. 1–1, 2015, doi: 10.1002/9783527678679.dg06699.
- [5] S. Suroso, A. Lukmana, and N. T. Sanyoto, "Pengembangan Mechanic Cutting Dengan Tiga Derajat Kebebasan

- Berbasis Ballscrew,” *MATRIK (Jurnal Manaj. dan Tek.*, vol. 17, no. 1, p. 73, 2017, doi: 10.30587/matrik.v17i1.165.
- [6] H. Fauzi, 2018, Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Laser Engraving, President University Lembar Pernyataan Keaslian,” no. May, 2018.
- [7] A. Ghany, M. Kabib, Qomaruddin, Taufiq Hidayat, 2020, Desain Dan Implementasi Sistem Kontrol Putaran Motor Pada Gerak Simulator Gempa 3 Axis, *jurnal Cracnkshaft*, vol. 3, no. 1, pp. 25–34, 2020.
- [8] P. Kushartanto, M. Kabib, R. Winarso, 2019, Sistem Kontrol Gerak Dan Perhitungan Produk Pada Mesin Pres Dan Pemotong Kantong Plastik, *Jurnal Crankshaft*, Volume 2 No. 1, pp 57-66.
- [9] S. Kuntoro, M. Kabib, 2018, Analisis Kekuatan Dies Frame Link Pada Mesin Roll Pipa 2 In Penggerak Hidrolik Dengan Metode Elemen Hingga, *Jurnal Simetris*, Volume 9, Nomor 2, pp. 941 - 946

perkakas berbasis komputer yang lebih dikenal dengan mesin CNC (Computer Numerical Control). Dengan menggunakan mesin CNC dapat memproduksi dalam skala besar dan cepat. Dengan program Numerical Control (NC) secara otomatis dari komputer ke mesin hingga menjadi specimen yang diinginkan (Mesin et al., 2016). Mesin CNC Computer Numerical Control adalah sistem pemesinan otomatis perkakas yang dikendalikan suatu program numerik oleh komputer atau mikrokontroler. Dimana pengoperasiannya diprogram secara manual oleh manusia melalui Numerical Controlled maka pergerakan pada sumbu X dan Y serta Z akan mengikuti perintah program yang telah dimasukkan (Syarifullah et al., 2021). Mesin CNC memiliki dua atau lebih arah gerakan yang disebut sumbu axis. Dari berbagai sumbu X, Z, dan Y memiliki arah-arah tersendiri, X bergerak secara vertikal, Y bergerak secara horizontal, Z bergerak tegak atas bawah membentuk lingkaran. Namun, salah satu spesifikasi dari tiga axis tersebut dapat berkombinasi menjadi kompleks sehingga menjadi banyak sumbu axis (Malik et al., 1978). Prinsip kerja mesin CNC sendiri pada dasarnya sama. Yang dimana dasar penggerak dari sumbu diatur oleh numerical controlled program komputer. Beberapa mesin yang dikembangkan oleh peneliti sebelumnya, adalah mesin CNC router. Yang dimana kelebihan dari mesin ini ialah dapat diaplikasikan sesuai kebutuhan dalam satu mesin. Untuk mendesain dan mensimulasikan mesin CNC router 2 in 1 ini perlu adanya berbagai perencanaan salah satunya analisis bagian-bagian dari rancangan mesin tersebut menggunakan software solidworks supaya hasil lebih optimal. Pemodelan desain dalam

tahap awal perancangan adalah kunci dari terjadinya suatu produk. Dalam software solidworks ini adalah solusi yang pas dalam pendesainan bukan hanya hal desain, analisis bagian kontinuitas mesin, seperti dalam sistem rel dianalisis dan disinkronkan dengan bagian lain yang perlu kontinuitas gerak dan pembebanan yang diberi secara tepat. Assembly dalam part seperti halnya bantalan dengan poros dipilih sesuai standar agar dapat mendukung pada sistem rel atau sumbu mesin. Hal ini sangatlah penting dalam mendesain rel karena menganalisis defleksi dan beban pendukungnya (Malik et al., 1978). Dua mata pisau dengan desain cekam pada spindle berupa portable dapat bongkar pasang sehingga mudah dalam pergantian mata pisau mesin CNC (Rahman et al., 2019). Untuk melengkapi atribut pada mesin CNC banyak part-part yang dibutuhkan sebagai penunjang kinerja mesin. Dibutuhkan motor DC sebagai penggerak sumbu X, Y, Z masing-masing sumbu membutuhkan daya dan torsi berbeda. Bukan hanya itu sebagai otak penggerak motor tersebut dibutuhkan chipset yang dimana bertugas sebagai otak penggerak motor yang diprogram melalui komputer. Sehingga mesin nantinya berperilaku seperti mesin otomatis modern (Prianto & Pramono, n.d.). Namun, permasalahan lain dalam mesin CNC ini adalah dalam hal desain konstruksi. Dari peneliti sebelumnya dimana ditekankan standarisasi konstruksi pada mesin juga diharuskan menekan biaya anggaran seminimal mungkin. Selain itu, desain juga menentukan karier operasional mesin dalam jangka waktu lama (Plan & Science, 2016). Salah satu hal yang diperhatikan yaitu pengukuran vibrasi, dimana kondisi optimum pada mesin CNC router ditinjau pada saat