

---

## PERANCANGAN SAMBUNGAN BOUT RANGKA VERTIKAL PADA MESIN CNC MILLING MINI

Ganjar Pramudi<sup>1</sup>, Umar Hafidz<sup>2</sup>, Alga Aji Santoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir Sutami No.36A, Ketingan, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir Sutami No.36A, Ketingan, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah

[ganjar.pramudi@staff.uns.ac.id](mailto:ganjar.pramudi@staff.uns.ac.id)<sup>1</sup>

### Abstrak

*Printed Circuit Board (PCB)* adalah sebuah medium berbentuk papan yang dilapisi tembaga yang berfungsi untuk menghubungkan dan menyalurkan listrik antar komponen elektronik. Pembuatan jalur PCB dengan kualitas bagus maka perlu penggunaan Mesin CNC Milling Mini agar memudahkan pembuatan jalur PCB yang teliti dan presisi. Mesin CNC Milling Mini merupakan pengembangan dari mesin *milling* konvensional, yang terdiri dari 3 sumbu *axis* yaitu *X axis*, *Y axis*, dan *Z axis* yang dapat digunakan untuk membuat jalur PCB. Mesin CNC Milling Mini berukuran 620 mm x 600 mm dan memiliki beberapa komponen antara lain *frame*, *stepper motor*, *poros*, *leadscrew*, *bearing*, *spindle motor*, *chuck*, *endmill*, kopling, kotak kontroler, *bed*. Pada sambungan mesin menjadi komponen penting dalam perancangan mesin yang perlu diperhatikan. Dengan adanya sambungan yang tepat, maka pada perakitan Mesin CNC Milling Mini dapat menjadi kesatuan yang utuh, kuat dan presisi dalam penggunaannya. Perancangan Mesin CNC Milling Mini memerlukan sambungan baut untuk menggabungkan komponen mesin. Sambungan baut berperan penting dalam penerus beban antara rangka vertikal dengan komponen mesin. Pada komponen mesin untuk dipasang di rangka vertikal menggunakan ukuran baut M5 diameter 5 mm dengan kekuatan baut sudah dikatakan aman karena gaya yang bekerja 5.145 N kurang dari beban tarik baut 10.104,3 N.

**Kata kunci :** mesin CNC milling mini, perancangan, sambungan baut, PCB

### Abstract

*Printed Circuit Board (PCB)* is a medium in the form of a board coated with copper that functions to connect and distribute electricity between electronic components. The manufacture of PCB strips with good quality requires the use of Mini CNC Milling Machines to facilitate the manufacture of meticulous and precise PCB strips. The Mini CNC Milling Machine is a development of a conventional milling machine, which consists of 3 axes, namely *X axis*, *Y axis*, and *Z axis* which can be used to make PCB strips. The Mini CNC Milling Machine measures 620 mm x 600 mm and has several components including *frame*, *stepper motor*, *shaft*, *leadscrew*, *bearing*, *spindle motor*, *chuck*, *endmill*, *clutch*, *controller box*, *bed*. The machine connection is an important component in machine design that needs to be considered. With the right joints, the assembly of the Mini CNC Milling Machine can be a whole, strong and precise unit in its use. The design of the Mini CNC Milling Machine requires the connection of bolts to join the machine components. Bolt connections play an important role in the load successor between the vertical frame and the machine components. In the machine components to be installed in the vertical frame using a bolt size of M5 with a diameter of 5 mm with a bolt strength, it is said to be safe because the working force of 5,145 N is less than the tensile load of a bolt of 10,104.3 N.

**Key words :** mini CNC milling machine, design, bolt connection, PCB.

## PENDAHULUAN

Perkembangan dalam bidang teknologi yang semakin pesat merupakan aspek sebuah pengetahuan dan teknologi yang mengharuskan untuk meningkatkan kemampuan dalam penguasaan teknologi, terutama pada teknologi otomasi [1]. Perkembangan teknologi otomasi berbasis komputer telah menghasilkan mesin perkakas yang mampu menangani berbagai pekerjaan yang rumit dalam jangka waktu kerja yang singkat. Salah satu mesin otomasi yang mulai banyak digunakan adalah Computer Numerical Control (CNC). CNC merupakan pengembangan dari mesin milling konvensional, pada awalnya mesin CNC Milling terdiri dari 3 sumbu yaitu XYZ yang bisa membuat produk pembuatan jalur Printed Circuit Board (PCB) [2].

Pada pembuatan jalur PCB masih banyak di jumpai membuat dengan cara manual dengan cara membuat gambar lalu di print, setelah selesai menggambar jalur, PCB polos siap untuk dilarutkan cairan kimia *Hydrogen Chloride* (HCL) dan *Hydrogen Peroxide* (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) [3]. Proses ini bagian yang paling krusial karena ketika campurannya tidak sesuai maka PCB akan rusak atau gagal. Namun ada juga kekurangan membuat jalur PCB dengan cara manual adalah hasilnya yang tidak terlalu bagus [4]. Maka agar menghasilkan PCB dengan kualitas bagus perlu penggunaan Mesin CNC Milling Mini agar memudahkan pembuatan jalur PCB yang teliti dan presisi. Pada tahap pembuatan Mesin CNC Milling Mini di lakukan secara *Reverse engineering* pada mesin yang sudah ada [5].

*Reverse engineering* digunakan karena perancangan atau pembuatan ulang ini berbasiskan produk yang sudah ada sebelumnya. *Reverse engineering* adalah kegiatan untuk menganalisa sebuah produk yang sudah ada yang digunakan sebagai acuan untuk mendesain sebuah produk baru dengan pengembangan pada komponennya. Mesin *CNC Milling Mini* 3 axis masih ada beberapa masalah yang perlu dihadapi. Dari pemasarannya masih kurang terjangkau didalam negeri atau diluar negeri [2].

Peningkatan kualitas Mesin *CNC Milling Mini* ini dilakukan dengan menghindari permasalahan yang terjadi, terutama harga Mesin *CNC Milling Mini* masih tergolong sangat mahal [6]. Masalah harga yang mahal, bisa dengan menciptakan Mesin *CNC Milling Mini* dengan harga yang lebih murah. Tetapi, tidak mengurangi kualitas bagian-bagian mesin ini, justru harus bisa mengungguli kualitas mesin CNC lainnya, dan

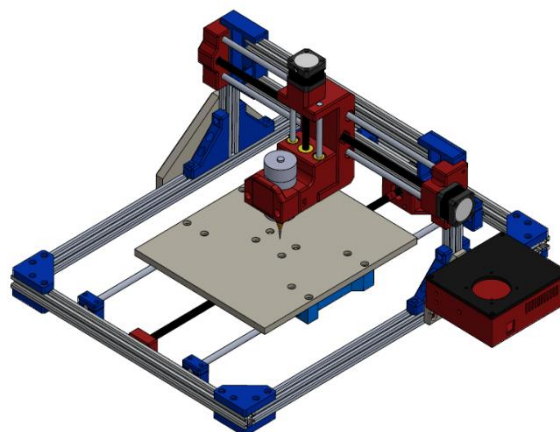
berani bersaing pemasarannya Mesin *CNC Milling Mini* [4].

Pada perancangan Mesin *CNC Milling Mini*, sambungan baut menjadi komponen penting dalam perancangan mesin [7, 8]. Dengan adanya sambungan baut yang tepat, maka pada perakitan Mesin *CNC Milling Mini* dapat menjadi kesatuan yang utuh dan presisi dalam penggunaannya. Sambungan baut merupakan salah satu sambungan yang tidak tetap, karena sambungan tersebut dapat dipasang dan dilepas tanpa merusak konstruksi [9]. Sambungan baut pada Mesin *CNC Milling Mini* berperan penting dalam kekuatan antara rangka dengan komponen yang menopang rangka seperti spindle motor. Oleh karena itu, sambungan baut memerlukan perhitungan dalam perancangannya, sehingga mesin dapat bekerja dengan optimal [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut, perancangan sambungan baut sangat penting untuk mengetahui dimensi dan beban tarik maksimal yang mampu ditahan oleh sambungan baut pada Mesin *CNC Milling Mini*. Oleh karena itu, diperlukan perancangan yang berfokus di perencanaan sambungan baut pada rangka vertikal sehingga didapatkan suatu rancangan perhitungan sambungan baut untuk menyatukan komponen dengan kuat dan aman.

## METODE PENELITIAN

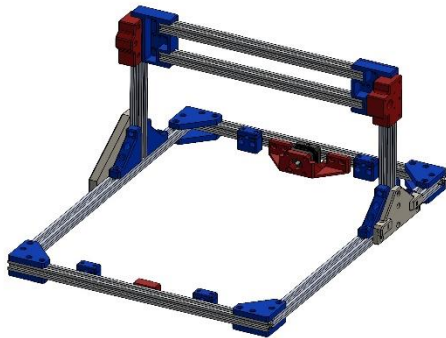
*CNC Milling Mini* dibuat untuk membantu pembuatan jalur PCB, agar waktu yang di butuhkan lebih cepat dan efisien, sehingga ketika mendapatkan pesanan yang banyak, tidak menyebabkan waktu yang lama. Berikut gambar desain mesin *CNC Milling Mini* ditunjukkan pada Gambar 1.



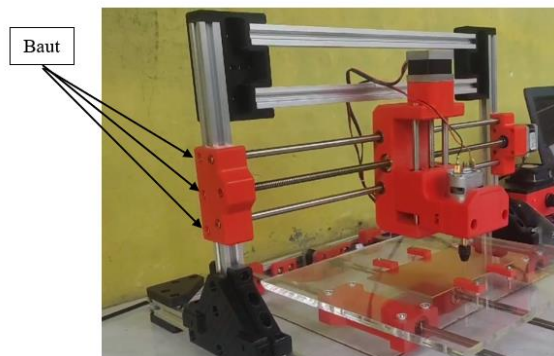
Gambar 1 Desain Mesin *CNC Milling Mini*

Mesin CNC Milling Mini ini beroperasi dengan gerakan vertikal dan horizontal, menggunakan koordinat pada sumbu X, Y, dan Z [11]. Penggerakannya berupa motor stepper yang terhubung ke poros ulir mesin. Adapun sumbu-sumbu yang digunakan pada Mesin CNC Milling Mini adalah sumbu X yang bergerak melintang, sumbu Y bergerak memanjang dan sumbu Z yang bergerak ke atas dan bawah [12]. Sumbu tersebut ditopang dengan rangka yang terbuat dari alumunium. Gambar rangka mesin CNC Milling Mini terlihat pada Gambar 2.

Terdapat 3 baut setiap sisi, jadi jumlahnya 6 baut karena ada 2 rangka vertikal yang berfungsi untuk menggabungkan komponen sehingga tergabung menjadi satu bagian yang memiliki sifat tidak permanen. Baut ini berukuran M5 yang berdiameter 5 mm dengan panjang 10 mm. Baut yang ada di rangka vertikal yang ditunjukkan Gambar 3.

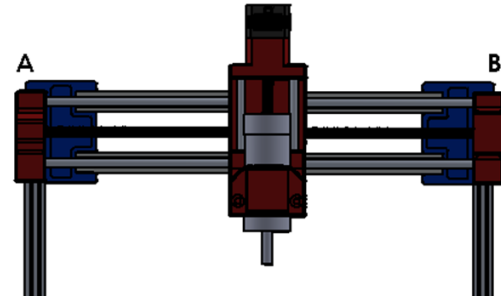


Gambar 2 Rangka Mesin CNC Milling Mini



Gambar 3 Letak Sambungan Baut Mesin CNC Milling Mini

Rangka vertikal pada sisi kiri diasumsikan sebagai tumpuan A dan sisi kanan sebagai tumpuan B. Sambungan baut rangka vertikal terkena beban pada sumbu z [13]. Skema rangka dan tumpuan A dan B disajikan pada Gambar 4.



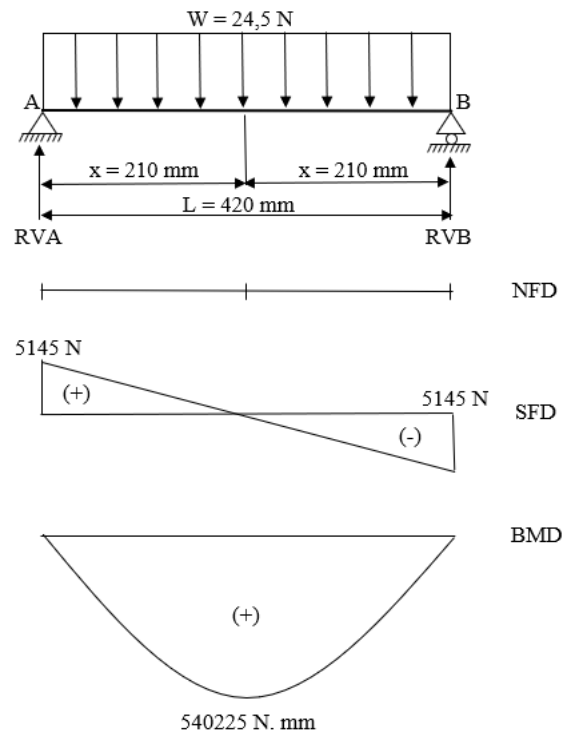
Gambar 4 Tumpuan A dan B Mesin CNC Milling Mini

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Perancangan Baut**

Perancangan sambungan baut pada mesin CNC Milling mini terdapat pada bagian A dan B yang terlihat pada Gambar 4. Parameter yang diperlukan untuk menghitung pembagian beban pada rangka vertikal yaitu gaya tekanan (W) [14]. Gaya tekanan diasumsikan sebesar 2,5 kg, maka gaya tekanan diasumsikan menjadi 24,5 N. Diagram pembebanan dapat dilihat pada Gambar 5.

$$\begin{aligned}
 W &= m \cdot g \dots\dots\dots (1) \\
 &= 2,5 \times 9,8 \\
 &= 24,5 \text{ N} \\
 R &= W \cdot L \dots\dots\dots (2) \\
 &= 24,5 \times 420 \\
 &= 10,290 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5 Diagram NFD, SFD dan BMD

$$\Sigma MA = 0 \dots\dots\dots(3)$$

$$RVA . L - W . L . X = 0$$

$$RVA 420 - 24,5 . 420 . 210 = 0$$

$$RVA . 420 - 24,5 . 88200 = 0$$

$$420 . RVA - 2160900 = 0$$

$$RVA \frac{2160900}{420} = 5.145 N$$

$$\Sigma MB = 0 \dots\dots\dots(4)$$

$$RVB . L - W . L . X = 0$$

$$RVB 420 - 24,5 . 420 . 210 = 0$$

$$RVB . 420 - 24,5 . 88200 = 0$$

$$420 . RVB - 2160900 = 0$$

$$RVB \frac{2160900}{420} = 5.145 N$$

$$\Sigma V = 0 \dots\dots\dots(5)$$

$$RVA + RVB = W . L$$

$$5145 + 5145 = 24,5 x 420$$

$$10.290 = 10.290$$

$$0 = 0$$

$$Mmax = RVA . X - 0,5 W . X^2 \dots\dots\dots(6)$$

$$= 5145 . 210 - 12,25 . 210^2$$

$$= 1080450 - 540225$$

$$= 540.225 Nmm$$

Berdasarkan perhitungan gaya pada rangka vertikal diperoleh gaya sebesar 5145 N. Gaya tersebut akan digunakan untuk perhitungan baut pada rangka vertikal. Baut yang akan digunakan berjumlah 6 buah. Langkah selanjutnya yaitu perhitungan Sambungan Baut dengan  $\sigma_t$  ijin bahan = 515 MPa = 515 N/mm<sup>2</sup>, sehingga diameter core baut:

$$Dc = \sqrt{\frac{4 . F}{n . \pi . \sigma}} \dots\dots\dots(7)$$

$$Dc = \sqrt{\frac{4 . 5145}{6 . 3,14 . 515}}$$

$$Dc = \sqrt{\frac{20580}{9702,6}}$$

$$Dc = \sqrt{2,12}$$

$$DC = 1,5 mm$$

Kemudian diameter pitch:

$$Dp = 1,25 . Dc \dots\dots\dots(8)$$

$$Dp = 1,25 . 1,5$$

$$Dp = 1,87 mm$$

Sehingga hasil perhitungan sambungan baut pada mesin CNC Milling Mini disajikan pada table 1.

Tabel 1 Perhitungan Sambungan Baut

Parameter dan Simbol	Persamaan	Data	Hasil
Diameter core (Dc)	$Dc = \sqrt{\frac{4 . F}{n . \pi . \sigma}}$	$F = 5145 N$ $n = 6$ $\sigma t = 515 N/mm$	1,5 mm
Diameter pitch (Dp)	$Dp = 1,25 . Dc$	$DC = 1,5 mm$	1,87 mm

Jika Pada perhitungan diatas dapat disimpulkan baut yang digunakan menggunakan baut M5 dengan diameter 5 mm. Menentukan beban tarik aman untuk baut M5, dengan tegangan tarik aman 515 N/mm<sup>2</sup>.

$$Torsional shear stress (\tau) \dots\dots\dots(9)$$

$$= \frac{16 T}{\pi(Dc)^2}$$

$$= \frac{16 . 4520}{\pi . (1,5)^2}$$

$$= 10.236,3 N/mm^2$$

Pada perhitungan diatas dengan hasil 10.236,3 N/mm<sup>2</sup> untuk diaplikasikan sebagai torsi pengencangan pada baut.

$$Bending stress bolt (\sigma_b) \dots\dots\dots(10)$$

$$= \frac{x . E}{2 . L}$$

$$= \frac{0,01 . 193000}{2 . 12}$$

$$= 80 N/mm^2$$

Pada perhitungan diatas dengan hasil 80 N/mm<sup>2</sup> untuk diaplikasikan sebagai tegangan bending pada baut.

$$Shear stress threads (\tau_s) \dots\dots\dots(11)$$

$$= \frac{P}{\pi . Dc . b . n}$$

$$= \frac{5145}{\pi . 1,5 . 10 . 12}$$

$$= \frac{5145}{565,2}$$

$$= 9,1 N/mm^2$$

Pada perhitungan diatas dengan hasil 9,1 N/mm<sup>2</sup> untuk diaplikasikan sebagai tegangan geser pada ulir baut yang digunakan.

Stress area baut M5 .....(12)

$$= 3,14 \times 2,5^2$$

$$= 3,14 \times 6,5 \text{ mm}^2$$

$$= 19,62 \text{ mm}^2$$

Pada perhitungan diatas dengan hasil 19,62 mm<sup>2</sup> untuk diaplikasikan sebagai tegangan area pada baut M5.

$$\text{Safe tensile load} = \text{stress area} \times \sigma_t \text{. (13)}$$

$$= 19,62 \text{ mm}^2 \times 515 \text{ N/mm}^2$$

$$= 10.104,3 \text{ N}$$

Pada sambungan baut untuk dipasang di rangka vertikal menggunakan ukuran baut M5 dengan gaya yang bekerja 5.145 N sedangkan beban tarik aman baut 10.104,3 N. Jadi, kekuatan baut sudah dikatakan **aman** karena gaya yang bekerja 5.145 N kurang dari beban tarik maksimal baut 10.104,3 N.

Berdasarkan perhitungan sambungan baut pada rangka vertikal didapat diameter *pitch* sebesar 1,87 mm sedangkan ukuran baut yang digunakan M5 dengan diameter baut 5 mm. Jadi, sambungan baut **aman**, karena memiliki ukuran diameter *pitch* lebih kecil daripada diameter baut yang digunakan. Pada sambungan baut untuk dipasang di rangka vertikal menggunakan ukuran baut M5 dengan gaya yang bekerja 5.145 N sedangkan beban tarik maksimal baut 10.104,3 N. Jadi, kekuatan baut sudah dikatakan **aman** karena gaya yang bekerja 5.145 N kurang dari beban tarik maksimal baut 10.104,3 N.

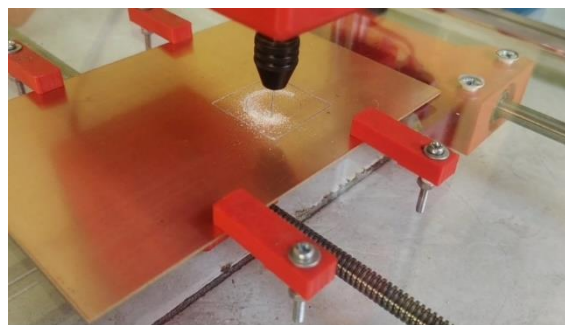
## 2. Hasil Pengujian

Hal ini memungkinkan produksi komponen yang komplek dengan konsistensi, kualitas, dan kecepatan, sehingga menggunakan *G-code* untuk pemogramannya [15]. *G-code* adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengontrol mesin CNC. Bahasa ini terdiri dari serangkaian perintah atau instruksi yang memberi tahu mesin CNC cara menggerakkan, memposisikan, dan mengoperasikan berbagai komponennya, seperti alat potong, spindle, dan fungsi tambahan. Perintah *G-code* biasanya diwakili oleh kombinasi huruf dan angka. Setiap perintah memiliki fungsi tertentu dan dijalankan secara berurutan oleh mesin CNC [16]. Perintah *G-code* mencakup berbagai macam operasi, termasuk gerakan pahat, kecepatan spindle, kecepatan pemakanan, pergantian pahat, dan kontrol cairan pendingin. Berikut ini *G-code* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 *G-code* Pengujian CNC

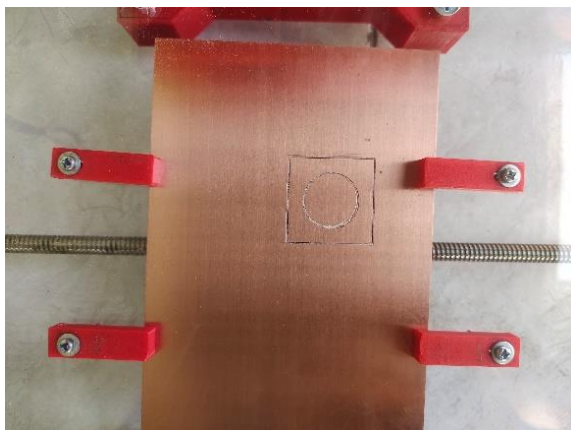
Kode	X	Y	R	Z	F
T1					
G90					
S7000					
M03					
G00	0	0		10	
G01	0	0		-0,2	50
G01	0	30		-0,2	50
G01	30	30		-0,2	50
G01	30	0		-0,2	50
G01	0	0		-0,2	50
G00	25	15		10	
G01	25	15		-0,2	50
G03	5	15	10	-0,2	50
G03	25	15	10	-0,2	50
G00	25	15		10	
G00	0	0		10	
M05					
M30					

Pada pengujian dengan *endmill* dan dilakukan pemakanan sebesar 0,2 mm dengan digerakkan secara manual dengan *jog* pada komputer [17, 18]. Pengujian ini bertujuan apakah pergerakan dari *endmill* sudah sesuai dan pada saat pemakanan tidak terjadi kendala. Pengujian kedua menggunakan *G-code* sederhana dengan membuat kotak persegi dengan pemakanan 0,2 mm [15]. Pengujian ini bertujuan apakah mesin dapat membaca *G-code* yang sudah dibuat dan pergerakan dari sumbu x, y, dan z sudah sesuai [19]. Gambar pengujian menggunakan *endmill* dapat dilihat pada Gambar 6.

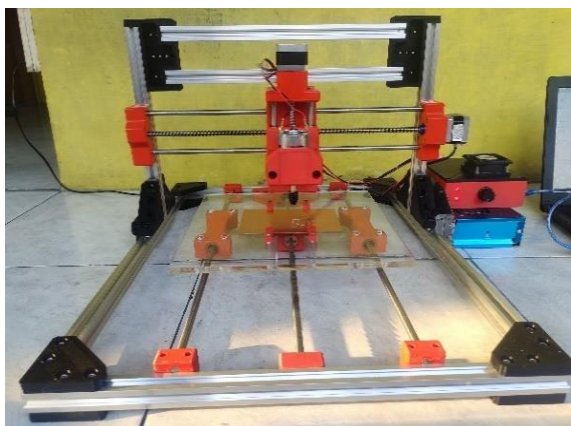


Gambar 6 Proses Pengujian dengan End Mill

Hasil pengujian pada PCB menunjukkan hasil pemakanan yang sudah sesuai dengan desain dan pergerakan dari setiap sumbunya telah sesuai. Hasil Pengujian Menggunakan *Endmill* dapat dilihat pada Gambar 7. Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa mesin CNC Milling Mini telah dapat beroperasi sesuai dengan program yang di jalankan [20]. Keseluruhan mesin CNC Milling Mini terlihat pada Gambar 8.



Gambar 7 Hasil Pengujian dengan End Mill



Gambar 8 Mesin CNC Milling Mini

## KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan sambungan baut pada rangka vertikal didapat diameter *pitch* sebesar 1,87 mm, diameter *pitch* ini adalah diameter minimal baut sedangkan ukuran baut yang digunakan M5 dengan diameter baut 5 mm. Jadi, sambungan baut **aman**, karena memiliki ukuran diameter *pitch* lebih kecil daripada diameter baut yang digunakan. Berdasarkan perhitungan gaya yang bekerja pada baut sebesar 5.145 N sedangkan beban tarik maksimal baut 10.104,3 N. Jadi, kekuatan baut

sudah dikatakan **aman** karena gaya yang bekerja 5.145 N kurang dari beban tarik baut 10.104,3 N.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam melaksanakan perancangan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Kurniawan, Syaifurrahman, and B. Jekky, "Rancang Bangun Mesin CNC Lathe Mini 2 Axis," *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material* vol. 4, no. 2, 2020.
- [2] Z. Zoro and S. Syafri, "Proses Produksi Prototipe Mesin CNC Router 3-Axis," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol. 4, no. 2, pp. 1-6, 2017/10// 2017.
- [3] M. Jufrizaldy, I. Ilyas, and M. Marzuki, "Rancang Bangun Mesin CNC Milling Menggunakan System Kontrol GRBL untuk Pembuatan Layout PCB," *Jurnal Mesin Sains Terapan*, vol. 4, p. 37, 02/28 2020..
- [4] E. Gonul, M. Kılıç, and F. Karpaz, *A Study on Design and Manufacturing for the Side Wall of Large CNC Portal Milling Machine*. 2014.
- [5] S. Qasim, H. Mohammad, and M. Falah, "Accurate and Cost-Effective Mini CNC Plotter," *International Journal of Computer Applications*, vol. 178, pp. 10-15, 09/17 2019.
- [6] A. S. Lazuardi, "Perencanaan Sambungan Mur dan Baut pada Gerobak Sampah Motor," *Jurnal SPARK*, vol. 1, no. 1, pp. 21-26, 2018.
- [7] P. Ganjar, M. Riyadi, and S. Viki Alex, "Rancang Bangun Sistem Sambungan Baut Bracket Chamber dan Handle Bar Alat Press Kopi Espresso," *Jurnal Permadi : Perancangan, Manufaktur, Material dan Energi*, vol. 6, no. 02, 05/31 2024.
- [8] G. Pramudi, R. Muslim, and R. Hidayat, "Rancang Bangun Sambungan Baut pada Body dan Base Alat Press Kopi," *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 14, no. 2, 2024.

- [9] C. Eman, T. Budisetyono, and D. Ruslan, "Perbandingan Perencanaan Sambungan Kayu Dengan Baut Dan Paku Berdasarkan Pkki 1961 Ni-5 Dan Sni 7973:2013," *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 4, no. 2, 2015/8/1/ 2015.
- [10] R. Gürbüz, "Mechatronics Approach for Desk-Top CNC Milling Machine Design," *Solid State Phenomena*, vol. 144, pp. 175-180, 09/26 2008.
- [11] H. Ikhlas Syukran, S. Syafri, and P. Adhy, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin CNC Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol. 4, no. 2, pp. 1-8, 2017/10// 2017.
- [12] D. T. Santoso, F. A. Saputra, and R. P. Sari, "Perancangan Mesin Extruder Filamen 3D Printing Berbahan Sampah Plastik Kapasitas 40 Kg/Jam," *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 58-64, 2024.
- [13] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Elements and Machines*. John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [14] P. Runwal, A. Shelke, P. Udavant, S. Rokade, and D. A. Baitule, "Design and Manufacturing of Mini CNC Plotter Machine," *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, vol. 5, no. 4, 2017.
- [15] a. yahya, i. malik, and a. zamheri, "Penerapan Metode Design For Manufacturing Pada Rancang Bangun CNC Milling 3 Sumbu," *MACHINERY Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 4, no. 2, pp. 67-75, 06/17 2023.
- [16] A. Muchlis, W. Ridwan, and I. Z. Nasibu, "Rancang Bangun Mesin CNC (Computer Numerical Control) Laser dengan Metode Design for Assembly," *JAMBURA : Jurnal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [17] A. A. S. T. A. S., M. Y. Diratama, and W. Daniswara, "Pengujian Cutter Endmill HSS Diameter 12 mm dengan Pemotongan Dept of Cut Terhadap Baja Amutit Di Mesin Milling Lagun FU 100 (LFR 25)," *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 81-89, 2024.
- [18] A. Pratama, Z. Kurniawan, Husman, and I. A. Wahyudie, "Variasi Sudut Potong dan Kecepatan Potong Terhadap Laju Pemakanan Material SCM 440," *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 45-50, 2023.
- [19] D. R. Zulkia, "Pemanfaatan Mesin Pencacah Dan Mesin Press Sebagai Alat Pengolah Sampah Menjadi Produk Bernilai Ekonomis," *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 23-29, 2023.