



## Rancang Bangun Mesin CNC *Engraver* Mini Sebagai Alat Bantu Pembelajaran

Irawan Malik<sup>\*1</sup>, Sairul Effendi<sup>2</sup>, Soegeng Witjahjo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Politeknik Negeri Sriwijaya; Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang - Indonesia, 30139

Telp.0711- 353414 0711- 355918

e-mail: <sup>\*1</sup> [irawanmalik@yahoo.com](mailto:irawanmalik@yahoo.com), <sup>2</sup> [seffendipolsri@gmail.com](mailto:seffendipolsri@gmail.com), <sup>3</sup> [switjahjo16@gmail.com](mailto:switjahjo16@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini berkaitan dengan mendesain dan membuat suatu alat yang cocok untuk tujuan pembelajaran di Politeknik berkaitan dengan sistem Computer Numerical Control (CNC) yaitu mesin terkomputerisasi yang dapat digunakan untuk mengukir (*engraving*) seperti layaknya dalam pekerjaan milling dan pemotongan pada berbagai bahan-bahan non logam. Proses permesinan dan keakuratan adalah salah satu manfaat utama dari alat CNC engraver mini ini. Untuk desain dan simulasi rancangan digunakan perangkat lunak Solidworks<sup>®</sup> dengan material utama dari kerangka alat adalah aluminum profil. Di infrastruktur mekanis, berbagai komponen digunakan sesuai kepentingannya, seperti komponen-komponen kerangka, pengarah (*guide*), dan penggerak (*drive*). Sistem poros transmisi, menggunakan ball screw untuk menghilangkan kerugian gesekan dan menghemat energi. Bahan besi cor digunakan karena kekakuannya. Batang pengarah dianalisis dan diketahui bahwa ini memiliki defleksi yang sedikit, ekspansi termal yang baik karena kondisi kerja waktu yang lama dan cukup kuat untuk menanggung getaran. Sistem kelistrikan membutuhkan pengontrol, komputer dan bagian-bagian listrik di dalamnya. Alat ini dapat diaplikasikan dalam proses perkuliahan CAD/CAM termasuk kemampuan dalam mencetak rangkaian sirkuit di papan sirkuit (PCB), ukiran kayu, desain estetika dan akrilik.

**Kata kunci**— Desain, Manufaktur, CNC Mini, Engraver

### Abstract

This research is related to designing and making a tool that is suitable for learning purposes in Polytechnic related to Computer Numerical Control (CNC) system, which is a computerized machine that can be used to engrave (*engraving*) as is the case in milling and cutting work on a variety of non-metallic materials. Machining and accuracy are one of the main benefits of this mini CNC engraver. For design and simulation, Solidworks<sup>®</sup> software is used and the main material of framework is aluminum profiles. In mechanical infrastructure, various components are used according to their interests, such as framework components, guides and drives. Transmission shaft system is a ball screw shaft to eliminate friction losses and save energy with cast iron material is used because of its stiffness. The guide rod is analyzed and it is known that it has little deflection, good thermal expansion due to under long time working conditions and strong enough to endure vibrations. The electrical system requires a controller, a computer and electrical parts inside. This tool can be applied in the CAD/CAM study process including its ability to print an electrical circuit on circuit boards (PCB), wood carvings, aesthetic and acrylic designs.

**Keywords**— Design, Manufacture, Mini CNC, Engraving

## 1. PENDAHULUAN

Di era saat ini telah ada kecenderungan yang berkembang terhadap perampingan suatu alat yang digunakan untuk memproduksi bagian-bagian (parts) kecil karena manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan, termasuk pemanfaatan ruang kerja yang kecil, investasi modal, biaya operasional, penggunaan energi dan material, kebisingan dan getaran.

Permasalahan terbesar dari alat sama yang sudah ada adalah masalah kompleksitas, bobot yang berat dan harga yang mahal.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan mesin/alat CNC mini dengan biaya rendah untuk menggambar PCB dan lain-lain sebagainya. Alat CNC mini ini diharapkan mampu mengurangi biaya pembelian mesin dan meningkatkan fleksibilitas dalam penggunaannya di praktikum permesinan [1].

Semua mesin *engraver* CNC terdiri dari tiga sistem dasar dan subsistem. Sistem yang paling penting adalah struktur mekanik, selanjutnya sistem kelistrikan yang tentunya terdiri dari bagian-bagian elektronik dan terakhir untuk sistem CNC adalah sistem perangkat lunak untuk pengendalian [2, 3].

## 2. METODE PENELITIAN

Untuk mendesain dan mensimulasikan kekuatan bagian-bagian dari mesin CNC *engraver* ini digunakan perangkat lunak *Solidworks*® agar hasil rancangan dapat optimal. Sistem rel dianalisis dan disinkronkan dengan bagian lain yang diperlukan untuk kontinuitas gerak secara tepat. Asembling bantalan dan poros dipilih sesuai dengan standar agar dapat mendukung beban sistem pada rel. Faktor yang paling penting dalam merancang sistem rel adalah menganalisis defleksi karena beban yang didukungnya.

Metodologi untuk mengetahui, merancang bangun dan menguji kebutuhan sebuah alat yang mampu mengukir sirkuit di PCB dan benda lainnya mengikuti tahapan sebagai berikut [4], lihat gambar 1.

### 2.1 Analisis daya Laser yang dibutuhkan

Faktor yang menentukan adalah intensitas dan kedalaman penetrasi untuk mengukir (engraving) di PCB.

### 2.2 Pemilihan mekanisme

Tergantung pada bidang kerja sistem yang berupa mekanisme sederhana namun

mudahdigunakan dan sesuai ntuk membantu kegiatan pembelajaran.

### 2.3 Pemilihan aktuator

Sebagai penggerak mekanisme maka perlu dipilih *chipset* yang mampu menggerakkan mekanisme sumbu X dan Y dengan bantuan kode G disamping selebar material alas untuk mampu menahan benda kerja.

### 2.4 Papan sirkuit

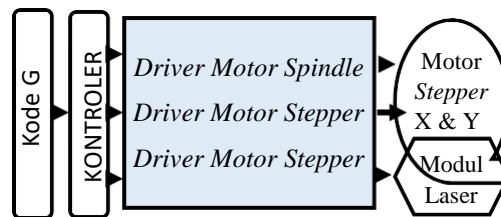
Berfungsi sebagai dudukan berbagai komponen elektronik yang menghubungkan mikrokontroler, dioda laser dan motor *stepper*.

### 2.4 Fabrikasi

Beberapa struktur sistem diassembling membentuk rangka bagian utama alat CNC *engraver* mini.

### 2.5 Pengujian

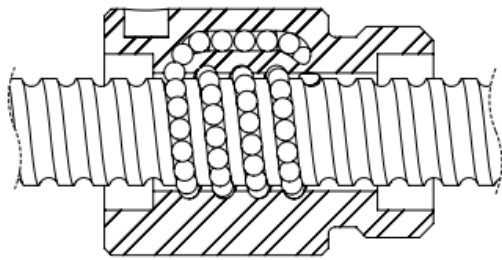
Untuk mengetahui tingkat ketepatan dan reliabilitas, sistem diuji dan dikalibrasi melalui kode G sehingga proses pengujian mampu mengatasi permasalahan.



Gambar 1. Skema Kendali Alat CNC *Engraver*.

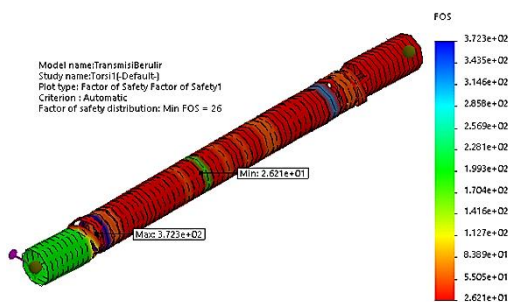
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dari desain alat *engraver* mini seperti terlihat pada gambar 13, berdasarkan kriteria dan pertimbangan rekayasa yang telah ditentukan sebelumnya, dilaksanakan menggunakan program *Solidworks*® terhadap bagian-bagian poros transmisi berulir (gambar 2-4) menyangkut faktor-faktor keamanan dan torsi yang mampu didukungnya, sedangkan analisis frekuensi vibrasi pribadi (natural vibration) dilaksanakan pada elemen-elemen kerangka dan assembling *spindle*, *bracket* dan *holder* sebagai berikut.

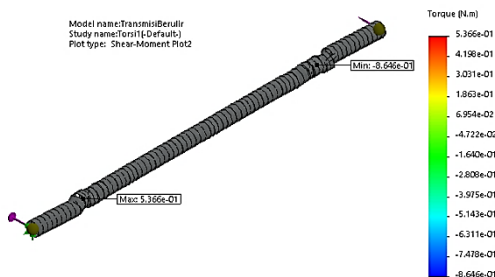


Gambar 2. Penampang Potong Poros berulir [5]

Dengan mengatur poros berulir sebagai sebuah *beam* yang di *restrain* pada kedua *joint* di ujung-ujungnya, dengan material baja tahan karat yang memiliki kekuatan tarik, luluh dan modulus geser berturut-turut sebesar 485, 170 dan 82000 MPa dan beban torsi sebesar 1,2 Nm (torsi motor penggerak Nema 17 sebesar 0,25 Nm) dapat diketahui bahwa poros berulir memiliki faktor keamanan (FOS) minimal 4,13 (sangat aman) dan mampu menahan tegangan maksimal sebesar 41,15 Mpa yang disebabkan oleh *load* torsi 1,2 Nm.



Gambar 3. Hasil Simulasi Analisis FOS

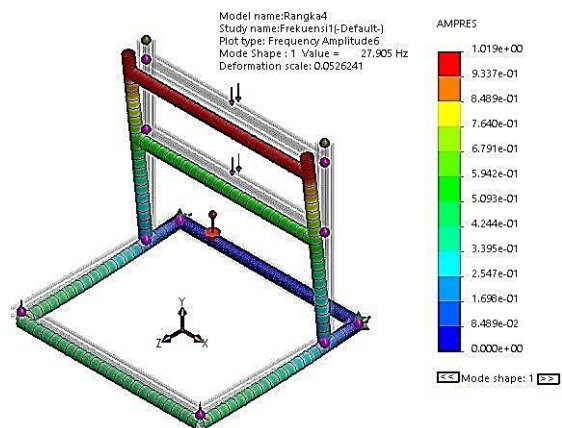


Gambar 4. Hasil Simulasi Analisis Torsi

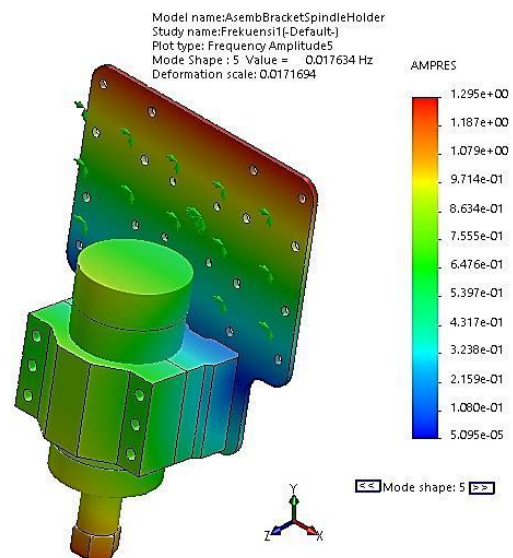
Komparasi analisis getaran pribadi dari rangka aluminium dengan beban gravitasi 9,81 N dan beban kerja 8 N di tengah-tengahnya terhadap getaran pribadi assembling bagian *Spindle*, *Bracket*, dan *Holder* (SBH) ditampilkan pada gambar-gambar 5 dan 6 berikut ini, dengan ringkasan hasil pada tabel 1.

Tabel 1. Komparasi Frekuensi Getaran Pribadi

Mode	Frekuensi Bagian Utama (Hz)	
	Rangka	Asembling (SBH)
1	27,905	-0,13
2	38,566	-0,012
3	68,218	0
4	100,87	0
5	104,57	0,018



Gambar 5. Analisis Getaran Pribadi Rangka



Gambar 6. Analisis Getaran Pribadi Asembling

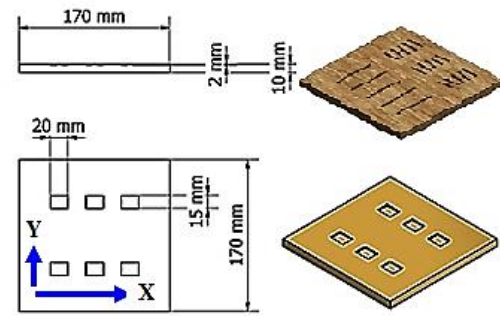
### 3.1 Sistem Pemotongan

Uji pemotongan adalah teknik untuk memotong benda kerja menggunakan mata bor dengan bentuk sesuai desain. Sistem pemotongan diuji pada papan dengan

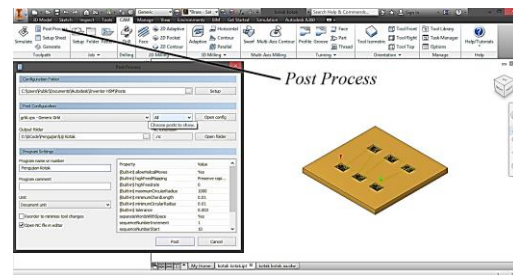
ketebalan 20 mm, menggunakan 3 mm *endmill drill bit*, kecepatan *spindle* 1000-1200 rpm dan kedalaman pemotongan 2 mm. CAD benda uji menggunakan program *Solidworks*<sup>®</sup>.

### 3.2 Sistem Penandaan (Mark)

Uji menandai adalah teknik ukiran pada permukaan material dengan kedalaman tipis yang sama. Biasanya menandai digunakan untuk memberi tanda atau merek pada logam atau bahan non logam. Sistem menandai diuji pada kayu dengan ketebalan 20 mm, menggunakan 3 mm *vbit* 600 dan bor *endmill bit*, kecepatan *spindle* 1200 rpm, dan kedalaman penandaan 1 mm dan 0,5 mm. Desain gambar menggunakan perangkat lunak *Solidworks*<sup>®</sup> untuk kayu dan *CopperCam* untuk PCB, desain sampel menggunakan tulisan yang dikombinasikan dengan pola ukiran.



Gambar 7. CAD Benda Uji

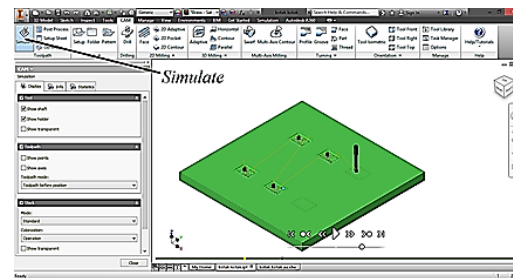


Gambar 8. Proses CAD

### 3.3 Langkah dan Hasil Pengujian

Langkah pengujian dimulai dengan mendesain benda uji (CAD) seperti pada gambar 7, pengesetan CAM, gambar 8 dan 9, untuk mendapatkan G-Code, gambar 10, yang dibuat dengan *Solidwork*<sup>®</sup>, memilih pahat (tool) dan lain-lain, mensimulasikan proses CAM untuk memastikan proses berjalan dengan aman, pembuatan G-Code dengan menentukan lokasi penyimpanan dan memberikan judul *file*, membuka *software GRBL* untuk mengolah G-Code ke mesin CNC *engraver* mini dengan memastikan semua kabel terhubung antara mesin dan Laptop, buka G-Code, dan kemudian memilih perintah *send* untuk memulai proses pemotongan.

Jumlah keseluruhan uji *milling* [6] berbentuk alur pemakanan arah sumbu X sepanjang 20 mm dan arah sumbu Y selebar 15 mm sedalam 2 mm pada benda kerja papan jati sebanyak 15 kali dengan memvariasikan pengaturan *feeding* dan *deep of cut*.



Gambar 9. Proses Simulasi CAM

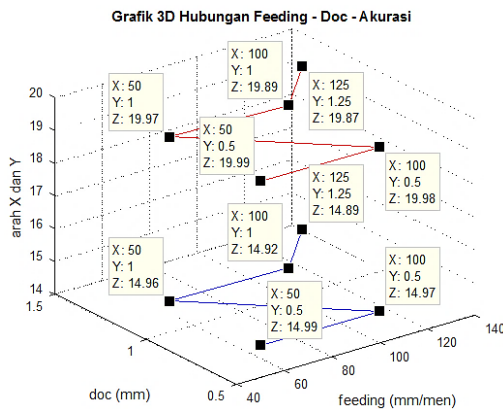


Gambar 10. Proses G-Code

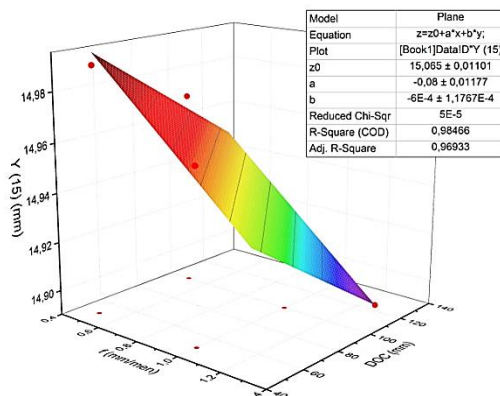
Hasil uji pemotongan dipetakan seperti terlihat pada gambar 11 dalam bentuk grafik 3D selanjutnya dianalisis menggunakan statistika multivariabel.



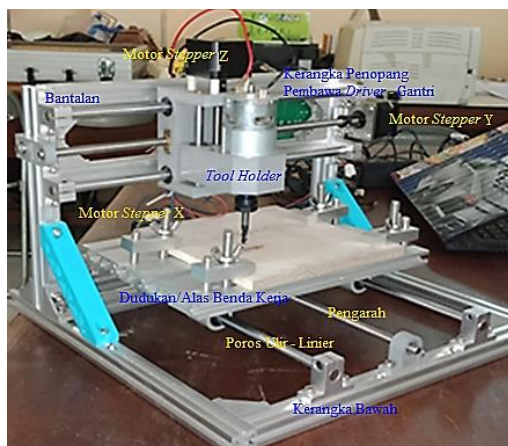
Model kurva *fit* jenis *plane* antara faktor-faktor *feeding* (mm/men), *deep of cut* (DOC, mm) dan tingkat keakurasian pemotongan arah Y (15 mm), gambar 12, menghasilkan persamaan korelasi  $Z = 15,065 \pm 0,011 - 0,08 \pm 0,012 * f - 6 \cdot 10^{-4} \pm (1,177 \cdot 10^{-4}) * DOC$ , pada tingkat  $R^2 = 0.985$  yang cukup signifikan.



Gambar 11. Data Hasil Uji Pemotongan



Gambar 12. Grafik Korelasi Multivariabel



Gambar 13. Prototipe CNC Engraver Mini

Spesifikasi prototipe CNC *engraver* mini (gambar 13) adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Spesifikasi Mesin CNC *Engraver* Mini

Daerah Kerja (X x Y x Z)	: 25 x 18 x 5 mm
Mesin/Motor	: Stepper Nema 17 1.3 A, 0.25 Nm
Pemegang Benda Kerja	: 4 Klem
Transmisi	: Poros linier berulir
Daya Spindle (775)	: 300 W, 24 V
Putaran Spindle	: ~ 7.000 rpm
Diameter Cutter	: 3 – 10 mm
Sistem Pendukung	: Win 7/8/10
Software Kontrol	: Kode G/Grbl

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berkaitan dengan mendesain, membuat dan menguji prototipe mesin CNC engraver mini yang mampu digunakan untuk mengukir sirkuit di PCB dan ukiran artistik di kayu, akrilik dan lain sebagainya dengan fokus penelitian ini pada penggunaannya untuk menguji keakurasian hasil pengerjaan milling bentuk persegi berukuran X = 20 mm, Y = 15 mm dan Z = 2 mm. Pengaturan perangkat keras dengan kombinasi G-code ini memberikan akurasi yang lebih baik dan mengurangi beban kerja. Kode G mempermudah pencarian informasi lokasi semua langkah motor, karena status motor yang bergerak secara langsung terlihat di komputer sehingga operator dapat memulai atau menghentikan mesin kapan pun dibutuhkan.

#### 5. SARAN

Membuat mesin CNC engraver mini membawa fleksibilitas dalam melakukan pekerjaan permesinan sebagai media pembelajaran mahasiswa sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan mahasiswa bidang vokasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana dari dana PNBPN Polstri dengan pengumuman nomor 3186/ PL6.2.1/PG/2018 dan 145/PL6.2.1/LT/ 2018.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ertiken, Y. dan Chiou. 2013. *Interdisciplinary Senior Design Project to Develop a Teaching Tool: Mini CNC Mill*. 120th ASEE Annual Conference & Exposition. Atlanta: Paper ID. #7187.
- [2] Linke, B., Harris, P., Zhang, M. 2015. *Development of Desktop Multipurpose Grinding Machine for Educational Purposes*. Procedia Manufacturing. Volume 1, 2015, Pp 740–746.
- [3] Khan, M.A. Shafi, S. A. Ahmad, Shah, S.F.H., Bhutta, M.M A. 2015. *Design, Manufacturing, Evaluation, & Analysis of CNC Carving Machine*. Journal of Quality and Technology Management. Vol. XI, Issue II, Dec. 2015, Pp. 111 – 135.
- [4] Kumar R.R., et all. 2015. *Design and Fabrication of Low Cost Portable Laser Cutting Machine*. Proceedings of 12th IRF International Conference, Bengaluru, India, 17th May 2015, ISBN: 978-93-85465-13-0.
- [5] Spilling, T. 2014. *Self-Improving CNC Milling Machine*. Master Thesis: University of Oslo. www.duo.uio.no.
- [6] Ramadhan, M. R. 2018. *Aplikasi Hasil Mesin CNC Router 3 Sumbu pada Ukiran Kayu Khas Palembang*. T. A. Unpublished. Teknik Mesin. Polstri.