

**MINI HANDCRAFTING CNC 3 AXIS BERBASIS SMOOTHIEWARE****Fransiscus Anjas Kusuma<sup>1\*</sup>, Fransiscus Iwonda Agi Putra<sup>2</sup>, Hanif Chaidar<sup>3</sup>, Sinta Dewi Wijayanti<sup>4</sup>, Johan Wandu<sup>5</sup>, Angela Padma Dewi<sup>6</sup>**<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

\*Email: wandu.wicaksono@atmi.ac.id

**Abstrak**

Mesin Mini Handcrafting CNC 3 Axis Berbasis Smoothieware adalah mesin yang digunakan untuk membuat kerajinan kayu. Alasan pembuatan mesin adalah untuk menampilkan hasil karya mahasiswa Program Studi Teknik Mekatronika. Mesin tersebut difokuskan untuk pembuatan ukiran wajah, ukiran kaligrafi, dan ukiran topografi. Bagian utama dari mesin tersebut adalah Smoothieboard sebagai kontrol utama, driver stepper TB6600 sebagai pengatur motor stepper, ballscrew sebagai sistem transmisi, motor BLDC ER11 sebagai motor spindle, dan motor stepper NEMA 17 untuk motor penggerak transmisi. Cara kerja dari mesin tersebut dibagi dalam beberapa tahap, tahap pertama mengubah gambar menjadi G-Code dengan software Aspire, G-Code tersebut akan diproses oleh Smoothieboard melalui SD card. Tahap kedua, driver stepper akan menggerakkan motor stepper sesuai G-Code. Tahap ketiga, motor stepper akan menggerakkan transmisi ballscrew, transmisi tersebut akan membuat motor spindle yang membawa alat potong ikut bergerak dan proses penyayatan berlangsung. Hasil dari tugas akhir ini berupa mesin mini CNC 3 axis dengan area kerja 270 mm x 300 mm x 120 mm yang mampu mengerjakan benda kerja kayu dengan berbagai bentuk sesuai desain atau gambar

**Kata kunci:** Aspire, Mesin Mini Handcrafting CNC 3 Axis, Smoothieboard, Ukiran

**1. PENDAHULUAN**

Politeknik ATMI Surakarta memiliki Program Studi Teknik Mekatronika yang di dalamnya terdapat laboratorium Mikrokontroler. Mahasiswa tingkat 2 Program Studi Teknik Mekatronika di laboratorium Mikrokontroler mempelajari pemrograman mikrokontroler berupa kontroler Arduino sedangkan tingkat 3 mempelajari kontroler robotis untuk mengontrol robot seperti *mobile robot* dan *arm robot*. Peningkatan pembelajaran kontroler baru berupa smoothieware bertujuan untuk menunjang kompetensi mahasiswa Program Studi Teknik Mekatronika. Smoothieware merupakan *firmware* yang digunakan pada smoothieboard dan diluncurkan pertama kali pada tahun 2017. Smoothieware dapat digunakan untuk mengontrol mesin CNC, *arm robot*, mesin laser, dan mesin 3D *print*. Kelebihan smoothieware yaitu dapat dioperasikan tanpa menggunakan *G-Code sender* dan kompatibel dengan beberapa *post processor*. Beberapa *post processor* yang dapat digunakan pada *smoothieware* antara lain Aspire, Pronterface, bCNC, Smooopi, dan Fusion360.

Berdasarkan hal tersebut maka laboratorium Mikrokontroler Politeknik ATMI Surakarta akan membuat mesin *Mini Handcrafting CNC 3 Axis Berbasis Smoothieware*. Pembuatan Mesin ini diharapkan dapat membantu mahasiswa Program Studi Teknik Mekatronika dalam mempelajari kontroler *smoothieware*. Mesin ini juga bertujuan untuk meningkatkan wawasan mahasiswa program studi mekatronika tingkat 2 dan tingkat 3 dalam memprogram kontroler *smoothieware*, *Post Processor*, sistem mesin, wiring komponen, serta *assembly* mesin. Mesin *Mini Handcrafting CNC 3 Axis* ini akan dijadikan sebagai simulasi bagi mahasiswa dalam penerapan mikrokontroler sebagai pengendali mesin. Mesin *Mini Handcrafting CNC 3 Axis* diharapkan mudah dioperasikan, aman, dan portabel. Mesin *Mini Handcrafting CNC 3 Axis* ini difokuskan untuk membuat kerajinan tangan berupa ukiran topografi, ukiran wajah, dan ukiran kaligrafi.

## 2. METODOLOGI

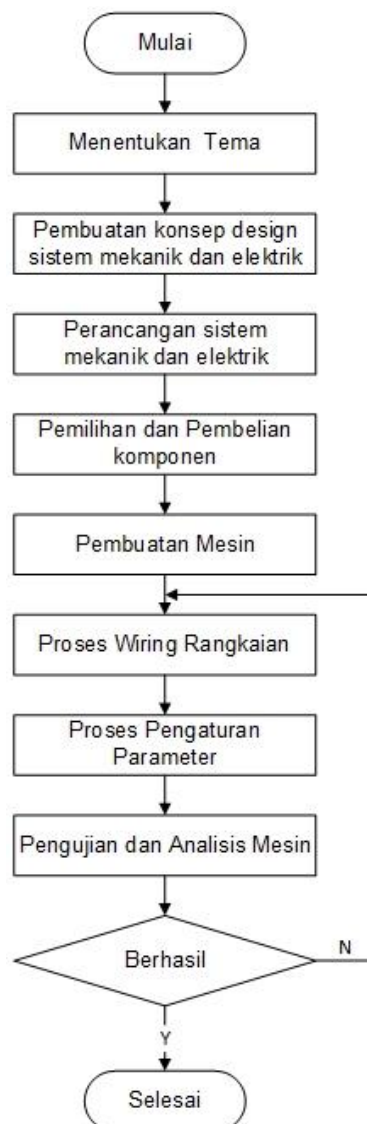
Proses pengerjaan ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan dan pembuatan mesin serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

### 2.1. Metode Pengerjaan

Metode yang digunakan dalam perancangan dan pengerjaan mesin yaitu dengan melakukan riset dan analisis dari beberapa jurnal tahun lalu dan dari internet.

### 2.2. Proses Pengerjaan

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



**Gambar 1. Flowchart Proses Pengerjaan**

Langkah pertama dalam pembuatan mesin *Mini Handcrafting CNC 3 Axis* adalah menentukan tema yang akan digunakan untuk menentukan tujuan dan latar belakang pembuatan mesin, mencari referensi mesin yang akan dibuat dari literatur di internet maupun di buku, pembagian kerja, dan pembuatan jadwal kerja. Diskusi dilakukan untuk menentukan konsep desain mekanik dan elektrikal Konsep ini meliputi tentang cara kerja

mesin, mencari perhitungan tentang torsi motor *stepper*, motor *spindle* dan menentukan komponen elektrik yang akan digunakan. Setelah mendapatkan konsep desain langkah selanjutnya melakukan perancangan desain sistem mekanik dan elektrik. Perancangan desain mekanik meliputi pembuatan *part* 3D mesin, dan *assembly* mesin. Perancangan desain mekanik meliputi pembuatan *wiring* diagram, dan penentuan pemasangan komponen yang akan digunakan pada desain *assembly* mesin, dan melakukan perhitungan untuk pemilihan motor *stepper* dan motor *spindle*. Pemilihan dan pembelian komponen dilakukan setelah desain sistem mekanik dan elektrik mendapatkan persetujuan dari pembimbing.

Pembuatan mesin akan dilakukan setelah semua komponen mekanik maupun elektrik tersedia, kemudian dilanjutkan proses perakitan komponen mekanik dan komponen elektrik, yang meliputi pembuatan *frame base* mesin, pemasangan masing masing sumbu pada *frame base*, peletakan komponen elektrik dan *wiring* komponen elektrik. Proses *wiring* rangkaian pada mesin dikerjakan untuk masing-masing motor *stepper* yang terhubung dengan *driver* TB6600 untuk menggerakkan masing-masing *axis*. Proses selanjutnya yaitu dengan melakukan pengaturan parameter pada *smoothieware* dan *CNCjs*. Pengujian dan analisis mesin dilakukan setelah semua pengerjaan mekanik, elektrik, dan perangkat lunak telah selesai dilakukan, tujuannya untuk memeriksa kondisi mesin agar sesuai dengan yang diinginkan. *Troubleshooting* akan dilakukan jika saat dilakukan pengujian terjadi hal yang tidak diinginkan seperti pergerakan sumbu tidak sesuai dengan yang diminta, motor tidak dapat bergerak, *limit* yang tidak berfungsi dan hal lainnya yang mengganggu kerja sistem. Maka langkah selanjutnya adalah mengecek kembali *wiring* dan parameter yang telah dibuat untuk memastikan sistem telah berfungsi.

Berikut perhitungan motor digunakan untuk mengetahui torsi dan daya motor yang dibutuhkan. Berikut merupakan perhitungan dari motor yang digunakan:

1. Torsi

- Torsi Total

$$T_{total} = T_L + T_a \quad (1)$$

- Torsi Beban

$$T_L = \left( \frac{F \cdot P_b}{2 \cdot \pi \cdot 0,9} + \text{Dinamic torque} \right) \times \text{ratio} \quad (2)$$

- Torsi Akselerasi

$$T_a = \frac{2\pi \cdot N}{60 \cdot t_a} (J + J_L + J_b) \quad (3)$$

Keterangan:

$T_{total}$  = Torsi total (Nm)

$T_L$  = Torsi Beban (Nm)

$T_a$  = Torsi Akselerasi (Nm)

$F$  = Keterangan: Gaya (N)

$P_b$  = *Pitch Ballscrew* (m)

$t_a$  = Waktu akselerasi (s)

*Dinamic Torque* = Torsi pada ballscrew

$J$  = Inersia poros(kgm<sup>2</sup>)

$J_b$  = Inersia Ballscrew(kgm<sup>2</sup>)

$J_L$  = Inersia beban(kgm<sup>2</sup>)

$N$  = Angka putaran motor (RPM)

2. Inersia

- Inersia beban

$$J_L = m \times \left( \frac{P}{2\pi} \right)^2 \times 10^2 \quad (4)$$

- Inersia Ballscrew

$$J_b = \frac{m_B \cdot D^2}{8} \times 10^{-6} \quad (5)$$

Keterangan

$J_L$  = Inersia beban ( $\text{kgm}^2$ )

$J_b$  = Inersia ( $\text{kgm}^2$ )

$m$  = Massa beban (kg)

$m_B$  = Massa *ballscrew* (kg)

$P$  = Pitch *ballscrew* (m)

$D$  = Diameter *ballscrew* (m)

3. Torsi motor *stepper* yang direkomendasikan

$$T = k \times T_{total} \quad (6)$$

Keterangan:

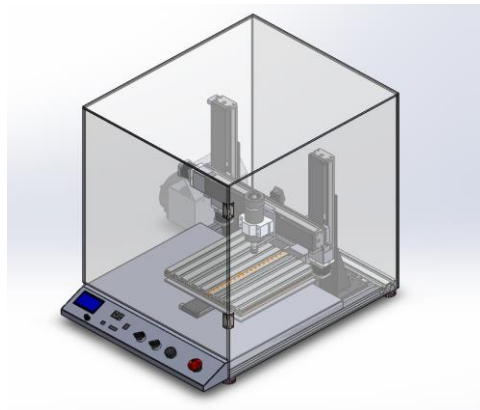
$T$  = Torsi yang direkomendasikan untuk menentukan motor (Nm)

$k$  = Angka keamanan torsi motor

$T_{total}$  = Torsi total (Nm)

Berdasarkan rumus-rumus diatas maka torsi yang diperlukan untuk tiap motor sumbu Z adalah lebih dari 0,146 Nm. Sedangkan untuk sumbu X torsi motor yang diperlukan adalah lebih dari 0,187 Nm dan pada sumbu Y torsi motor dibutuhkan adalah lebih dari 0,189 Nm.

Gambar dibawah merupakan desain mesin *Mini Handcrafting CNC 3 Axis* yang akan dibuat:



**Gambar 2. Desain Mesin *Mini Handcrafting CNC 3 Axis***

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses pengerjaan yang telah dilakukan, berikut ini hasil realisasi mesin yang telah dibuat.






**Gambar 3. Realisasi Mesin *Mini Handcrafting CNC 3 Axis***

Setelah semua komponen mekanik dan komponen elektrik terpasang dan tersambung, Mesin *CNC 3 Axis* melakukan tahap pengujian untuk mengetahui mesin telah berfungsi sesuai tujuan pembuatan. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian kecepatan putaran *spindle*, pengujian *feeding* dan kehalusan serta pengujian ketepatan ukuran. Material yang telah diuji berupa kayu jati, kayu kalimantan, kayu pinus dan kayu mahoni.

### 3.1 Pengujian Kecepatan Putaran *Spindle*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran *spindle* terhadap jenis material yang dikerjakan. Material yang akan diuji yaitu kayu jati. Berikut adalah hasil pengujian pengaruh kecepatan putaran *spindle* terhadap material kayu jati yang telah dilakukan

**Tabel 1. Pengujian Kecepatan Putaran *Spindle***

<i>Feeding</i> (mm/menit)	Putaran <i>spindle</i> (rpm)	Waktu Pengerjaan	Hasil Pengerjaan
700	11800	18 menit 43 detik	
700	10000	18 menit 43 detik	
700	7000	18 menit 43 detik	


Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa pada *feeding* 700 mm/menit dan putaran *spindle* 11.800 rpm hasil pengerjaan menjadi lebih gelap (terbakar). Hal tersebut terjadi karena putaran penyayatan yang cepat namun pergerakan *axis* oleh *feeding* yang lambat menyebabkan kayu terbakar. Selain itu, dari tabel *feeding* 700 mm/menit dengan putaran *spindle* 7.000 rpm hasil pengerjaan masih bergerigi dan tidak halus.

Dari tabel data diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pada jenis material kayu jati putaran *spindle* 10.000 rpm merupakan pemilihan yang tepat untuk dapat menghasilkan benda kerja yang halus dan tidak terbakar.

### 3.2 Pengujian *Feeding* dan Kehalusan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai *feeding* terhadap jenis material benda kerja yang dikerjakan. Material yang digunakan dalam pengujian kali ini adalah kayu jati. Hasil dari pengujian ini digunakan untuk mengetahui berapa nilai *feeding* yang harus digunakan untuk mencapai kehalusan permukaan pada beberapa jenis material yang diuji.

**Tabel 2. Pengujian *Feeding* dan Kehalusan**

<i>Feeding</i> (mm/menit)	Putaran <i>spindle</i> (rpm)	Waktu Pengerjaan	Hasil Pengerjaan
700	10000	33 menit 51 detik	
1500	10000	19 menit 42 detik	
4500	10000	14 menit	

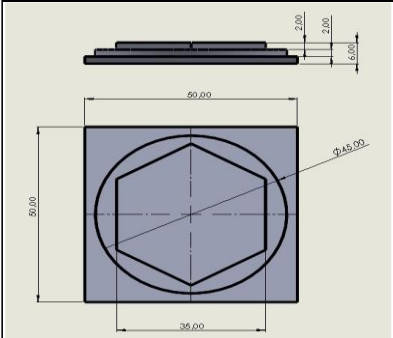
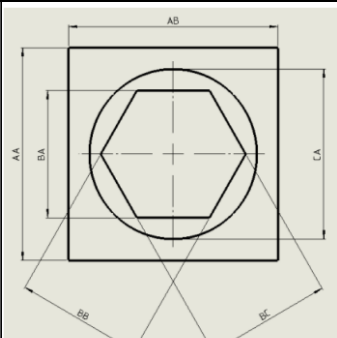
Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa penggunaan material kayu jati dengan *feeding* 4500 mm/menit hasil pengerjaannya bergerigi dan tidak halus pada bagian kontur. Sedangkan, penggunaan *feeding* 700 mm/menit dan 1500 mm/menit untuk material kayu jati, memiliki hasil pengerjaan dengan kualitas panyayatan yang halus, perbedaan keduanya hanya terdapat pada waktu pengerjaannya.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa *feeding* yang disarankan dalam pengerjaan untuk kualitas penyayatan yang halus antara 1000 mm/menit hingga 3000 mm/menit.

### 3.3 Pengujian Kepresisian dan Akurasi Ukuran

Pengujian kepresisian dan akurasi ukuran digunakan untuk mengetahui kesesuaian hasil ukuran benda kerja hasil pengerjaan mesin dengan ukuran yang diminta. Untuk mendapatkan hasil pengukuran ketepatan ukuran yang akurat maka dilakukan tiga kali pengujian dengan input ukuran dan material yang sama. Pengujian yang dilakukan adalah membuat bentuk segi empat, lingkaran, serta segi enam dalam satu kali percobaan pengerjaan.

**Tabel 3. Tabel Pengujian yang dilakukan**

Gambar benda kerja yang diinginkan (mm)	Pengukuran yang dilakukan
	



**Tabel 4. Tabel Pengujian Ketepatan Ukuran**

Perco baan	Keterangan		Hasil pengukuran						Durasi Pengerjaan	
			Depth (mm)	Lingkaran (mm)	Segi empat (mm)		Segi Enam (mm)			
					CA	AA	AB	BA		BB
1	Feeding (mm/mnt)	1000	2	45,08	50,02	50,06	35,08	35,06	35,04	25 menit 36 detik
	RPM	10000								
	DOC (mm)	1								
2	Feeding (mm/mnt)	1000	2	44,96	50	49,92	35,12	35,08	34,9	25 menit 36 detik
	RPM	10000								
	DOC (mm)	1								
3	Feeding (mm/mnt)	1000	2	45	50,06	49,78	35,08	35,03	44,82	25 menit 36 detik
	RPM	10000								
	DOC (mm)	1								

Berdasarkan tabel 4, material pengujian menggunakan kayu jati dengan *feeding* 1000 mm/menit memiliki penyimpangan terbesar adalah 0,28 mm dari bentuk segi empat ukuran 50,06 mm dan 49.78 mm. Penyimpangan tersebut masih menenuhi pada toleransi umum yaitu  $\pm 0,3$ mm sehingga pengujian ketepatan ukuran dikatakan akurat.

Sehingga dapat disimpulkan untuk mendapatkan penyimpangan terkecil sebesar 0,28 mm *feeding* yang digunakan adalah 1000 mm/menit

#### 4. KESIMPULAN

*Mini Handcrafting CNC 3 Axis* Berbasis *Smoothieware* dapat digunakan untuk proses pengerjaan ukuran, pembuatan lukisan, dan pembuatan profil wajah dengan menggunakan material kayu. Mesin ini dilengkapi dengan cover yang melindungi operator dari debu dan kotoran hasil pengerjaan. Selain itu mesin ini juga dilengkapi dengan vacuum, namun hanya dapat menghilangkan debu dan kotoran kecil pada saat pengerjaan karena daya hisapnya yang kurang kuat.

Pada pengoperasian dengan *feeding* 700 mm/menit putaran *spindle* yang disarankan adalah 10.000-12.000 rpm karena bila kurang dari 10.000 rpm dapat menyebabkan kayu terbakar. Ketepatan ukuran pada hasil pengerjaan memiliki toleransi  $\pm 0,1$  mm. Pemilihan *feeding* yang tepat untuk material kayu jati adalah dengan *feeding* diantara 1000-3000 mm/menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ikhlah Syukran Harrizal dkk. 2017. Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin *Mini CNC Milling 3 Axis* Menggunakan Close Loop Sistem. Diakses 16 Oktober 2019, dari <https://media.neliti.com/media/publications/184294-ID-rancang-bangun-sistem-kontrol-mesin-cnc.pdf>
- Evan Hertafeld dkk. 2019. Multi Material Three-Dimensional Food Printing with Simultaneous Infrared Cooking. Diakses 21 Oktober 2019, dari <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/3dp.2018.0042>
- Mesin Genmitsu *CNC 3018-PRO Router Kit GRBL Control*. Diakses 18 Februari 2020, dari [https://www.amazon.com/dp/B07P6K9BL3/ref=psdc\\_13400331\\_t1\\_B07MDG7R2J](https://www.amazon.com/dp/B07P6K9BL3/ref=psdc_13400331_t1_B07MDG7R2J)