

## RANCANG BANGUN MESIN CNC ROUTER MINI UNTUK PEMBELAJARAN MAHASISWA JURUSAN TEKNIK MESIN

Abdul Salam<sup>1)</sup> Muhammad Iswar<sup>1)</sup> Muhammad Rifaldi<sup>2)</sup> Sumantri Malik<sup>2)</sup> Kurniawan Putra<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

<sup>2)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

This study aims to streamline time and improve the accuracy of the manufacture of engraved contour products on workpieces such as soft metals, acrylics, and wood. The Mini CNC Router machine this research output will be used as one of the practicum jobs for the NC Basic Programming Practice course. The design method used is experimental applied research in the form of design and drawing for the laboratory with its dimensions of 60 x 60 cm. Furthermore, the calculation and selection of materials, the manufacture of machine components and the use of Mach3mill software as a basic programming language to convert motion to tools. Testing the performance of the engine in the three-axis movement mode, namely, manual mode, MDI, and automatic third axis X, Y, and Z using the NC program. The results obtained show the accuracy and precision of the three X, Y and Z axis trajectories according to the permissible tolerance values, namely 0.01 mm, 0.01 mm and 0.05 mm, respectively. The suitability of the program made and the machining results on the contour of the workpiece engraving do not show significant deviations, respectively 0.1 mm for the X and Y axis, and 0.3 mm for the Z axis.

**Key Words:** *Mini CNC Router Machine, X, Y, Z Coordinate, Mach3mill*

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan dan kebutuhan mesin CNC Training Unit 3 Axis di Indonesia saat ini mengalami peningkatan khususnya untuk praktikum di sekolah-sekolah kejuruan dan perguruan tinggi teknik di Indonesia (Pramono, 2015). Meskipun kebutuhan mesin CNC meningkat, namun harga mesin CNC Training Unit di pasaran masih cukup tinggi yakni berkisar 100-500 jutaan dan hanya memiliki luas area kerja yang kecil (30 cm x 30 cm). Kisaran harga tersebut tentu saja cukup mahal sehingga tidak dapat dijangkau oleh sekolah-sekolah kejuruan dan lingkungan kampus. Oleh karena itu, perlu adanya solusi untuk mengatasi hal tersebut diantaranya dengan melakukan pembuatan mesin CNC yang lebih ekonomis dengan fungsi dan ketelitian yang sama.

Mesin CNC Router merupakan penggabungan teknologi CNC (*Computer Numerical Control*) dan router, cutter yang mampu memotong bentuk-bentuk lembaran kayu atau material lunak lainnya yang memiliki bentuk rumit dan membutuhkan ketelitian dalam pemakanan. Gabungan ini membentuk sebuah mesin pemotong yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan mesin router untuk memotong berbagai bahan seperti kayu, komposit, aluminium, baja lunak, plastik, kaca akrilik, dan busa dengan mengadopsi teknologi CNC. Pergerakan pemotongan dan lintasan cutter untuk sumbu X, Y, dan Z berasal dari program komputer berdasarkan gambar ataupun desain kontur lintasan yang telah dibuat.

Pembelajaran mata kuliah teori dan praktik Pemrograman CNC merupakan mata kuliah kompetensi di Jurusan Teknik Mesin. Oleh karena itu, mahasiswa harus menguasai dan terampil menggunakan mesin CNC sesuai dengan kebutuhan industri dan mengadopsi dengan cepat perkembangan penggunaan mesin-mesin CNC secara luas, termasuk mesin-mesin perkakas berbasis pengontrolan CNC seperti halnya mesin CNC Router, Mesin CNC Laser Cutting dan lain-lain.

Mesin-mesin CNC yang ada di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang sudah memasuki masa pakai yang lama (sekitar 25 tahun), sebagian besar sudah tidak berfungsi dan tidak optimal, memerlukan peremajaan atau penggantian. Keterbatasan dana anggaran mengharuskan adanya kreativitas dan usaha serius untuk “meretrovit” mesin-mesin CNC yang ada termasuk merancang bangun mesin CNC Router Mini dan Mesin CNC Laser Cutting Mini agar kompetensi mahasiswa tetap dapat dicapai sesuai tuntutan kurikulum KKN. Keberadaan mesin hasil penelitian ini sangat membantu mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dalam meningkatkan keterampilan mereka, khususnya pada praktikum pemrograman mesin CNC di Prodi D-4 Teknik Manufaktur, D-4 Teknik Mekatronika, dan Prodi D-3 Teknik Mesin.

Mesin CNC Router saat ini semakin luas penggunaannya, tidak terbatas pada industri manufaktur saja, tetapi juga untuk industri kerajinan pada usaha-usah kecil menengah seperti usaha mebel dan interior

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Abdul Salam, Telp 081342776778, abdsalam@poliupg.ac.id

rumah. Sementara untuk merancang bangun mesin CNC Router untuk skala Lab. dan industri kecil saat ini relatif sudah lebih mudah dilakukan mengingat perkembangan teknologi dan kemudahan mendapatkan komponen-komponen standar dan komponen pendukung serta *software* pendukung yang dapat dibeli dengan lebih murah (*free version*) karena kapasitasnya yang dibatasi untuk penggunaan program 500 baris, sedangkan untuk *software commercial version* yang digunakan untuk industri penggunaan program bisa sampai 10.000.000 baris program. Adanya pengembangan inovasi dibidang otomasi khususnya mesin CNC di dunia industri memberikan dampak yang sangat baik. Ini disebabkan karena peralatan pemesinan konvensional yang hanya dapat dilakukan secara manual, dapat dilakukan secara otomatis dengan adanya mesin CNC.

Pada umumnya dalam pengerjaan pemesinan, dibutuhkan pengerjaan yang lebih cepat, kualitas yang lebih baik namun dengan biaya pengerjaan yang lebih rendah. Hal ini menjadi daya tarik para konsumen industri untuk menggunakan mesin CNC dibandingkan dengan menggunakan mesin konvensional. Dengan adanya kelebihan dalam segi produktivitas akan menjadi daya saing tersendiri bagi industri yang menggunakan mesin CNC itu sendiri (Amala, 2014). Perkembangan dari pemesinan secara manual menjadi pemesinan yang menggunakan sistem CNC (*Computer Numerical Control*) menjadi sebuah kelebihan dalam meningkatkan ketepatan dan pengaturan kecepatan sesuai yang diinginkan. Sebuah mesin dengan proses pemotongan dimaksudkan sebagai sebuah mesin yang melakukan pengurangan dimensi sampai menjadi produk yang diinginkan. Sebagai contoh mesin bubut, mesin gurdi, dan dan mesin sekrap. Mesin CNC sendiri dapat diartikan sebagai suatu mesin perkakas yang pengoperasiannya dikendalikan melalui program yang diakses dengan komputer (Salam, 2014).

Penelitian produk terapan unggulan perguruan tinggi ini sangat penting untuk dilaksanakan karena penelitian ini menghasilkan luaran produk inovasi dan pengembangan ipteks, yaitu mesin CNC Router Mini yang dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa untuk praktikum pemrograman permesinan CNC di Lab. CNC dan juga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat industri untuk meningkatkan produktivitas usaha kerajinan mebel atau interior rumah dan lain sebagainya.

Mesin CNC Router adalah mesin yang dilengkapi dengan DSP (*digital signal processing*) dalam memotong atau mengukir bahan. Pengoperasian mesin dapat dilakukan secara otomatis dengan komputer dan manual dengan layar monitor portable. Mesin ini memiliki 3 macam fungsi, yaitu untuk memotong (*cutting*), menggrafir (*engraving*), dan memberi tanda/marka (*marking*). Menurut Jundurrahman (2018), walaupun harga *controller mach3* berbanding cukup jauh dengan kinerja PLC pada mesin-mesin pabrikan terkenal, namun keakuratan dan ketepatan mesin CNC Router Mini 3 axis ini dapat bersaing sehingga dapat menunjang proses praktikum pemrograman Mesin CNC yang ada di sekolah-sekolah kejuruan dan di perguruan tinggi teknik.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan, dari bulan Mei 2019 sampai bulan Juli 2019. Adapun tempat pengerjaan sebagian besar dikerjakan di bengkel produksi CNC dan sebagian lagi dikerjakan di Bengkel Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Bahan-bahan yang digunakan antara lain besi profil L, profil U, besi plat, besi plat stainless, besi as, baut dan mur, elektroda las, puli dan sabuk pelat gerigi, bantalan, motor penggerak, motor spindle (*stepper*), linear rail, ballscrew, breakout board, module mesin, software *arcsoft mach3*, dan kabel *control switch*, baut-mur, serta cat dan kelenkannnya. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah mesin bubut, mesin potong, mesin gerinda, mesin bor, alat-alat ukur, penyiku, dan kunci pas.



Gambar 1. Desain konstruksi mesin CNC Router



Gambar 2. Tampilan muka *Software artSoft Mach3*

### Langkah Kerja Penelitian

Langkah kerja penelitian rancang bangun terbagi atas beberapa tahapan, secara garis besar pada umumnya meliputi Perancangan (*Design & Drawing*), Pembuatan komponen (*manufacturing process*), Proses *Assembly*, dan Pengujian Fungsi Mesin (Sonawan, 2013). Langkah kerja tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Perancangan (*Design & Drawing*)

Dalam pembuatan produk digunakan dasar gambar desain mesin, dimana perancangan menggunakan software Autodesk Inventor.

2. Proses Manufaktur (*Manufacturing Process*)

Komponen yang dikerjakan adalah: Meja mesin Router, Braket *motor spindle*, dan Braket *motor axis*. Braket *motor axis* adalah bagian dari komponen mekanik mesin CNC Router yang berfungsi sebagaiudukan motor axis. Komponen ini dibuat dari aluminium balok lalu di proses permesinan menggunakan mesin milling sesuai dengan rancangan.

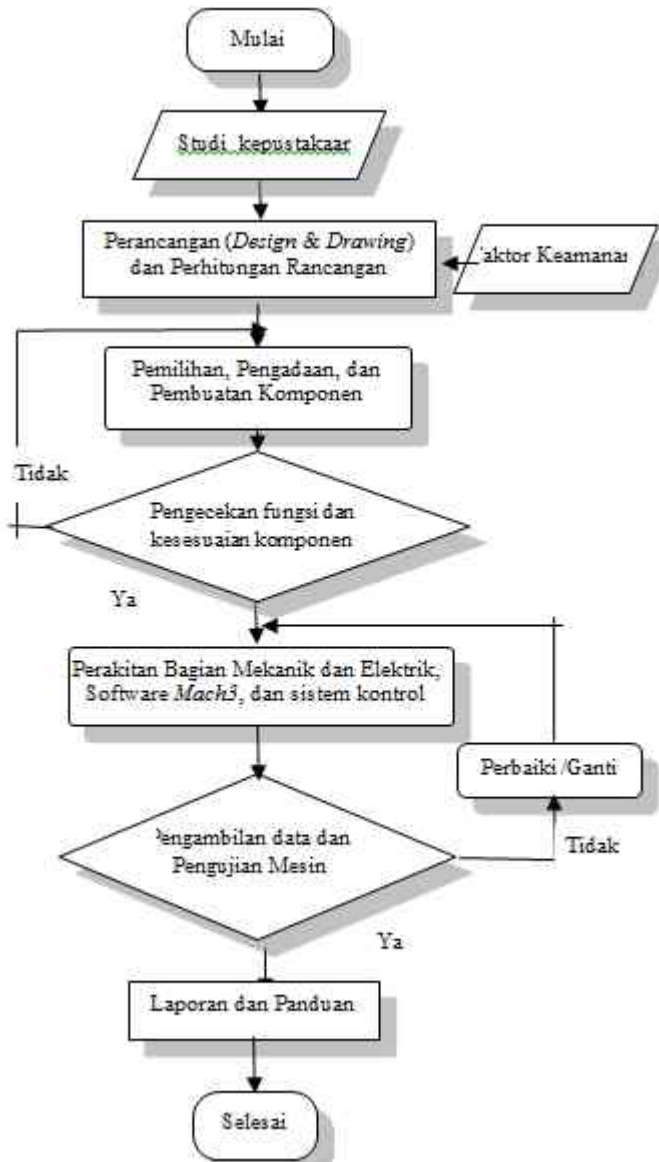
3. Proses *Assembly*

Pada tahap ini dilakukan perakitan komponen yang telah dibuat termasuk penambahan komponen elektrik membentuk sebuah mesin yang komplit.

4. Pengujian Fungsi Mesin

Pengujian fungsi dilakukan untuk memeriksa apakah semua tombol dan *switch* pada mesin telah berfungsi sesuai dengan fungsinya dan pengujian ukuran mesin dilakukan untuk memeriksa apakah ukuran dan gerakan aktual pada mesin telah sesuai dengan apa yang telah diinput pada program. Hasil kalibrasi pada mesin CNC router 3 axis dilakukan dengan alat bantu *dial indicator* dan *block gauge*, untuk mengetahui sumber kesalahan apa saja yang dapat dideteksi dengan cara kalibrasi sumbu X, Y, dan Z mesin CNC router (Zaynawi, 2018).

Apabila mesin belum berfungsi dengan baik pada proses pengujian fungsi mesin dan ukuran maka akan dilakukan perbaikan atau pergantian komponen untuk kemudian dirakit kembali, selanjutnya dilakukan kembali pengujian sampai mesin dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 3. Diagram Alir Rancangbangun Mesin

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 perancangan Mesin CNC Router

Perancangan mesin CNC Router yang paling utama adalah perencanaan daya motor yang diperlukan agar sesuai dengan kebutuhan. Menggunakan motor stepper 200 pulse/rotasi dengan kecepatan pulse masuk 1000 pulsa/detik, maka kecepatan putar motor:  $n = 60 \frac{pps}{Np}$ , diperoleh  $n = 300$  rpm. Untuk menghitung

pulse/mm harus diketahui pitch poros ulir, yaitu 1,5 mm, maka pulse/rotasi  $x = \frac{200 \text{ pulse/rotasi} \cdot 1 \text{ mm}}{1,5 \text{ mm}} = 133,3$

pulse/rotasi. Berdasarkan perhitungan daya motor, berturut-turut diperoleh daya untuk sumbu Y,  $PY = T \times w = 0,09212 \times 31,4 = 2,89$  watt, untuk sumbu X,  $PX = 6,615$  watt, dan sumbu Z,  $PZ = 14,77$  watt. Karena daya motor stepper yang digunakan 72 Watt, maka kebutuhan daya penggerak mesin aman.

#### 3.2 Pengujian Ukuran dan Kalibrasi mesin

- Kalibrasi dengan *Software Universal gcode sender*

*Software universal gcode sender* memiliki pengaturan khusus untuk memastikan perintah jarak yang dimasukkan telah sesuai dengan jarak aktual pada mesin.



Gambar 4. Hasil pembacaan axis X, Y, dan Z proses kalibrasi

Tabel.1. Data Hasil kalibrasi dengan software Mach3mill

Axis	Pembacaan (mm)	Penyimpangan (mm)
X	Sebelum dikalibrasi	1.10
	Setelah dikalibrasi	1
Y	Sebelum dikalibrasi	1.18
	Setelah dikalibrasi	1
Z	Sebelum dikalibrasi	0.46
	Setelah dikalibrasi	1

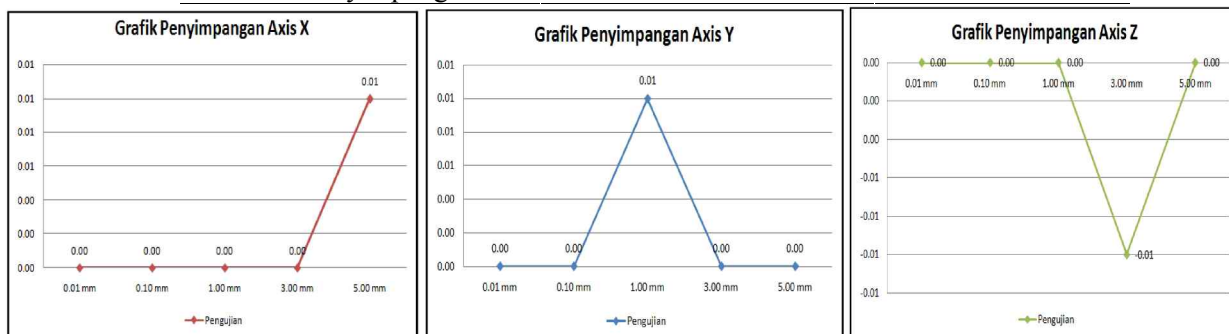
Kalibrasi dilakukan dengan menggerakkan axis X, Y dan Z sejauh 1 mm. Penyimpangan pada pergerakan axis X= 0.10 mm, Y= 0.18 mm, dan Z= -0.54 mm. Setelah mesin CNC Router dikalibrasi tidak terdapat penyimpangan pada axis atau penyimpangan sama dengan 0.

• **Pengujian Pergerakan pada Mode MDI (Manual Data Input)**

Mode MDI dilakukan untuk menggerakkan axis dengan memasukkan program pada software Mach3mill secara manual. Pengujian dengan mode MDI dilakukan sebanyak lima kali yaitu axis digerakkan sejauh 0.01 mm, 0.10 mm, 1.00 mm, 3.00 mm, dan 5.00 mm.

Tabel 2. Data hasil pengujian pergerakan axis pada mode MDI

Axis	Input program	Pengujian				
		1	2	3	4	5
X	Input program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan axis	0.01	0.10	1.00	3.00	5.01
	Penyimpangan	0.00	0.00	0.00	0.00	+0.01
Y	Input program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan axis	0.01	0.00	1.01	3.00	5.00
	Penyimpangan	0.00	0.00	+0.01	0.00	0.00
Z	Input program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan axis	0.01	0.10	1.00	2.99	5.00
	Penyimpangan	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00

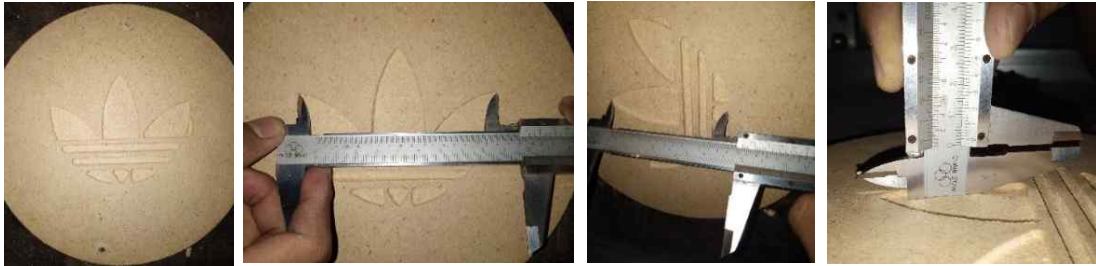


Gambar 5. Grafik penyimpangan axis X, Y, dan Z pada mode MDI

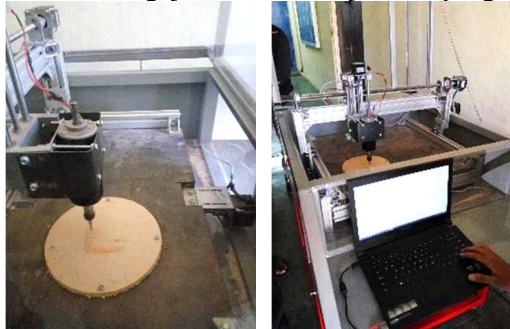
Berdasarkan dari ketiga grafik di atas dapat diketahui bahwa penyimpangan terbesar pada axis X adalah 0.01 mm, pada axis Y penyimpangan terbesar yaitu 0.01 mm, dan pada axis Z penyimpangan terbesar yaitu sebesar 0.01 mm.

- **Pengujian Pergerakan pada Mode Otomatis Dengan Program NC**

Setelah dilakukan kalibrasi dan pengujian pergerakan serta ukuran dengan menggunakan *Software universal gcode sender* dan *mode MDI* maka selanjutnya dilakukan pengujian pergerakan pada mode otomatis dengan membuat program pada *software Aspire* dan menggunakan *software universal gcode sender* untuk mengeksekusi benda kerja. Adapun material benda kerja yang digunakan adalah MDF (*Medium-Density Fibreboard*)  $\varnothing 190 \times 8$  mm dan *cutter* yang digunakan yaitu *cutter*  $\varnothing 3$  mm, alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini adalah jangka sorong.



Gambar 6. Hasil Pengujian Benda Kerja hasil program *Aspire*



Gambar 7. Mesin CNC Router Mini

#### 4. KESIMPULAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun mesin CNC Router Mini untuk pembelajaran mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Desain sistem mekanik dan elektronika yang terpasang pada mesin CNC Router telah diuji coba pada benda kerja akrilik dan telah sesuai dengan kerja sistem kontrol *Mach3* pada sistem pemrograman mesin.
- 2) Tingkat keakuratan pemakanan tool pada benda kerja cukup baik, penyimpangan yang terjadi untuk ketiga sumbu X, Y, dan Z cukup kecil, yaitu masing-masing berturut 0,1 mm; 0,1 mm; dan 0,3 mm.
- 3) Pembuatan produk ukiran pada benda kerja dengan menggunakan mesin CNC Router lebih cepat (efisien) bila dibandingkan dengan pembuatan secara manual. Untuk produk benda kerja akrilik ukuran 60 cm x 60 cm dengan bentuk ukiran pada benda kerja sekitar 50% dibutuhkan waktu pengerjaan hanya sekitar 15 menit, termasuk waktu pemasangan dan setting tool.
- 4) Keakuratan dan kepresisian hasil pemakanan tool pada benda kerja lebih baik karena menggunakan pemrograman yang dapat membaca gambar atau kontur ukiran menjadi gerakan pemakanan pada benda kerja.

##### Saran

- 1) Untuk mengetahui keandalan mesin, diperlukan pengujian berkali-kali untuk beberapa jenis material benda kerja, karena setiap material benda kerja mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.
- 2) Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, keakuratan, dan kepresisian hasil permesinan sangat dipengaruhi oleh pencekaman benda kerja sebelum dilakukan proses permesinan, ketelitian setting tool pada benda kerja (*reference point*), dan jenis pahat yang digunakan.

- 3) Untuk pengembangan Mesin CNC Router Mini selanjutnya, disarankan agar penggunaan komponen-komponen vital menggunakan komponen standar (original) sehingga kinerja mesin lebih baik dan penggunaan mesin dapat lebih awet.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramono, Gatot Eka dkk. *Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin. FT-UIK. Bogor: Universitas Ibnu Khaldun. 2015.
- [2] Salam, Abdul. *Pemrograman Dasar NC*. Makassar: Deepublish. 2014.
- [3] Amala, Mushafa, Susilo dan Adi Widyanto. *Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Operasi Mesin Milling CNC Trainer*. Jurnal Teknik Mesin S-1 Vol.2 No. 3. 2014.
- [4] Jundurrahman. *Teknologi Tepat Guna mesin CNC Milling 3 Axis Berbasis Mach-3 Controller*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mekatronika. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2018.
- [5] Sonawan, Hery. *Perancangan Elemen Mesin*. Bandung: Alfabeta. 2013.
- [6] Zaynawi, Bayu Wiro. K, Fipka Bisono. *Proses Kalibrasi Sumbu X, Y, Dan Z Pada Mesin CNC Router Kayu 3 Axis Menggunakan Alat Bantu Dial Indicator dan Block Gauge*. Jurnal PPNS. Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur. Jurusan Teknik Permesinan Kapal. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. 2018.
- [7] Salam, Abdul. *Jobsheet Praktik Produksi Pemrograman Numerical Control (PNC)-1*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2015.
- [8] Fernety, Art dan John Prentice. *Using Mach3Mill or The Nurture, Care and Feeding of The Mach3 Controlled CNC Mill*. ArtSoft Software Incorporated. 2013.
- [9] Harrizal, Ikhlah Syukran, Syafri dan Prayitno. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Cnc Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System*. JOM FKTEKNIK. Vol. 4 (2). Pekanbaru: Universitas Riau. 2017.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana mengucapkan terimakasih kepada UP3M, yang telah memberikan bantuan dana penelitian produk terapan melalui DIPA Rutin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Terimakasih juga disampaikan kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua Jurusan Teknik Mesin, Kepala Bengkel Mekanik, dan Kepala Bengkel Produk.si CNC yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas yang sangat mendukung kegiatan penelitian ini.