

## RANCANG BANGUN MESIN CNC LASER CUTTING SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN

Abdul Salam<sup>1)</sup>, Mukhtar<sup>1)</sup>, Trisbenheiser<sup>1)</sup>

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

### ABSTRACT

Making the process of cutting, marking and engraving on a soft object, acrylic or wood more efficient in terms of time is the objective of the study. The existence of the machine has helped the students to increase the skill, especially on CNC machine programming practicum subject. The laser cutting of CNC Machine which has been designed becomes one of the tasks on CNC Machine programming practicum subject. The method of the design used is an experimental applied research which begins with designing and drawing of the 80 cm x 62 cm dimension. After that continued by calculating and choosing the material, making the components and providing the standard components. Software *Mach3* is used as a basic language programming to convert the program to movement on the tool. The result of the machine performance with 50 mm/minute laser feed obtains 0.01 mm cutting precision, 0.12 mm deviation on the cutting process, 0.17 mm on marking and engraving process which shows that the accuracy and the precision of the machine is in accordance with the permitted tolerance.

**Key words:** CNC laser, *Mach3*, cutting, marking, engraving

### 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 [1]. 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, akrilik, dan busa dengan mengadopsi teknologi CNC. Pergerakan pemotongan 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 CNC Laser Cutting saat ini semakin luas penggunaannya, tidak terbatas pada industri manufaktur saja, tetapi juga untuk industri kerajinan pada usaha-usaha kecil menengah seperti usaha mebel dan interior rumah. Sementara untuk merancang bangun mesin CNC Laser Cutting 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 [2]. 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, sebagian lainnya sudah tidak optimal dan memerlukan peremajaan atau penggantian. Namun, keterbatasan dana anggaran mengharuskan adanya kreativitas dan usaha serius untuk “*meretrovit*” mesin-mesin CNC yang ada termasuk merancang bangun mesin CNC Laser Cutting Mini dan Mesin CNC Router Mini agar kompetensi mahasiswa tetap dapat dicapai sesuai tuntutan kurikulum KKNi.

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

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. 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 saat ini pada umumnya 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 [3]. 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 [4]. 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 [5].

Penelitian produk terapan unggulan perguruan tinggi ini sangat urgen dilaksanakan karena penelitian ini menghasilkan luaran produk inovasi dan pengembangan ipteks, yaitu mesin CNC Laser Cutting yang dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa sebagai media pembelajaran 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 Laser Cutting 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*). Walaupun harga *controller mach3* berbanding cukup jauh dengan kinerja PLC pada mesin-mesin pabrikan terkenal, namun keakuratan dan ketepatan mesin CNC Laser Cutting Mini ini dapat bersaing sehingga dapat menunjang proses praktikum pemrograman Mesin CNC yang ada di sekolah-sekolah kejuruan dan di perguruan tinggi Teknik [6].

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel las, Bengkel Mekanik, dan Bengkel Produksi CNC Politeknik Negeri Ujung Pandang. Bahan-bahan dan peralatan yang digunakan antara lain besi profil L dan U, besi pelat, besi pelat stainless, besi pejal, baut dan mur, elektroda las, puli dan sabuk pelat gerigi, bantalan, motor penggerak, motor stepper, linear rail, ballscrew, breakout board, module mesin, software arcsoft mach3, kabel *control switch*, serta cat dan kelengkapannya. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah mesin bubut, mesin potong, mesin gerinda, mesin bor, peralatan ukur, penyiku, dan kunci pas.



Gambar 1. Desain mesin CNC Laser Cutting



Gambar 2. Tampilan muka artSoft Mach3

### Langkah Kerja Penelitian

Langkah kerja penelitian rancangbangun terdiri atas beberapa tahapan, secara garis besar pada umumnya meliputi Perancangan (*Design & Drawing*), Pembuatan komponen (*manufacturing process*), Proses *Assembly*, dan Pengujian fungsi [7]. 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 sebagai dudukan motor axis. Komponen ini dibuat dari aluminium balok lalu di proses permesinan menggunakan mesin milling sesuai dengan rancangan.

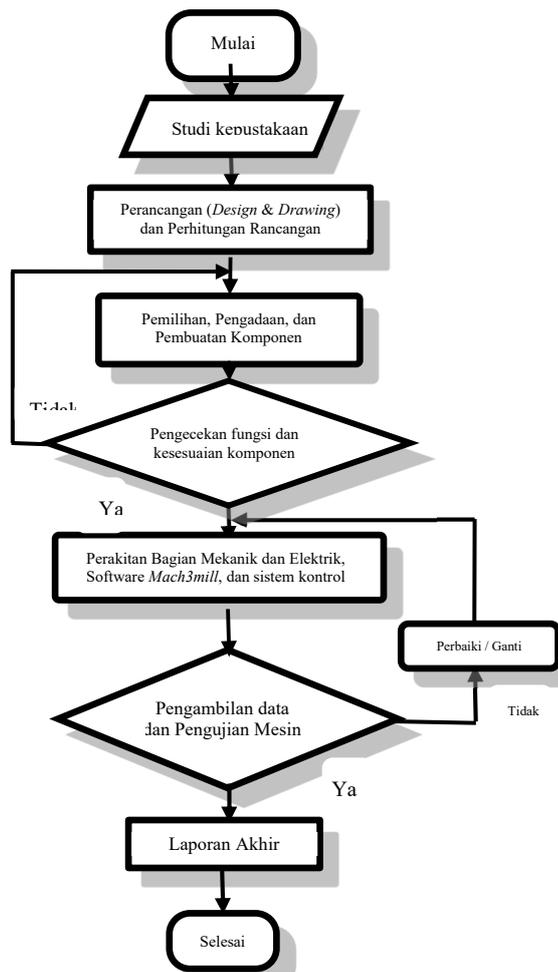
#### 3. Proses *Assembly*

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 Laser Cutting dilakukan dengan alat bantu *dial indicator* dan *block gauge*, untuk mengetahui sumber kesalahan apa saja yang dapat dideteksi dengan cara kalibrasi sumbu X dan Y mesin CNC [8].

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 pengujian sampai mesin dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 3. Flowchart Rancangbangun Mesin CNC Laser Cutting

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perancangan mesin CNC *Laser Cutting*, telah diperoleh prototipe mesin CNC *Laser Cutting* yang memiliki ukuran luas area kerja 450 mm x 450 mm, menggunakan motor stepper Nema 23 bipolar dan unipolar sebagai penggeraknya dan menggunakan *laser diode* 2500mW sebagai pemotongnya. Untuk melakukan pengujian kinerja dan kepresisian mesin dilakukan dengan menggunakan alat ukur *dial indicator* pada pergerakan sumbu X dan Y dan jangka sorong pada benda kerja hasil permesinan.

Terdapat 3 jenis pengukuran pada pergerakan axis, yaitu mode manual, mode MDI, dan mode menggunakan pemrograman NC.

**Tabel 1. Data hasil pengujian pergerakan axis pada mode manual**

| Axis |                            | Pengujian |      |      |       |      |      |
|------|----------------------------|-----------|------|------|-------|------|------|
| X    | Input program              | 1         | 2    | 3    | 4     | 5    | 6    |
|      | Nilai pergerakan axis (mm) | 1.01      | 2    | 3    | 4     | 5    | 6.01 |
|      | Penyimpangan (mm)          | 0.01      | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.01 |
| Y    | Input program              | 1         | 2    | 3    | 4     | 5    | 6    |
|      | Nilai pergerakan axis (mm) | 1         | 2    | 3    | 3.07  | 5    | 6.01 |
|      | Penyimpangan (mm)          | 0.00      | 0.00 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | 0.01 |

**Tabel 2. Data hasil pengujian pergerakan axis pada mode MDI**

| Axis |                            | Pengujian |      |      |      |      |      |
|------|----------------------------|-----------|------|------|------|------|------|
| X    | Input program              | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|      | Nilai pergerakan axis (mm) | 1         | 1.5  | 2    | 2.5  | 3    | 5    |
|      | Penyimpangan (mm)          | 1         | 1.50 | 2    | 2.50 | 3.01 | 5.01 |
| Y    | Input program              | 0.00      | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
|      | Nilai pergerakan axis (mm) | 1         | 1.5  | 2    | 2.5  | 3    | 5    |
|      | Penyimpangan (mm)          | 0.99      | 1.49 | 2    | 2.50 | 2.99 | 5.00 |

**Tabel 3. Data hasil pengujian pergerakan axis menggunakan program NC**

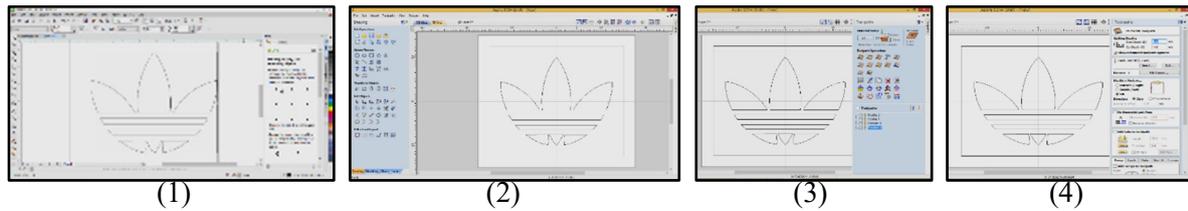
| No. | Axis | Ukuran pada desain | Diameter cahaya laser | Hasil pengukuran aktual | Penyimpangan |
|-----|------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| 1   | X    | 50                 | 0,1                   | 50.1                    | 0,1          |
| 2   | Y    | 40                 | 0,1                   | 40.1                    | 0,1          |
| 3   | Y    | 2                  | 0,1                   | 2.1                     | 0,1          |
| 4   | X    | 15                 | 0,1                   | 15.1                    | 0,1          |
| 5   | Y    | 23                 | 0,1                   | 23.1                    | 0,1          |
| 6   | X    | 7.5                | 0,1                   | 7.6                     | 0,1          |

Uji gerak menggunakan program NC dilakukan pada tahap pengujian mesin untuk memastikan arah gerakan aktual laser pada mesin CNC *laser cutting* telah sesuai dengan program yang telah *diinput*. Ada tiga proses yang digunakan yaitu proses *cutting*, *engraving* dan *marking*.

Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3 ketiga jenis pemotongan *cutting*, *engraving* dan *marking* menunjukkan hasil yang hampir sama yaitu sebesar 0,1 mm. Hal ini disebabkan oleh cahaya *laser* yang memiliki diameter 0,1 mm, sehingga boleh dikatakan tidak ada penyimpangan yang ditimbulkan. Berbeda halnya pengujian untuk nilai pergerakan axis X,Y, menggunakan mode manual dan MDI, penyimpangan pergerakan axis arah Y bervariasi lebih besar pada pengujian mode MDI, hal ini dikarenakan lintasan rel arah Y sedikit lebih besar toleransi pergerakannya.

Pengujian perapan program NC untuk ketiga macam fungsi pemrograman pada benda kerja berbentuk pemotongan (*cutting*), penandaan (*marking*) ataupun grafir (*engraving*) sudah sesuai dengan sistem mekanik dan elektronika yang terpasang pada mesin CNC *Laser Cutting* menggunakan perangkat lunak *Mach3mill*. Pada pengujian ini digunakan kecepatan *feed laser* sebesar 50 mm/menit pada proses *cutting*, sedangkan pada proses *engraving* kecepatan *feed laser* yang digunakan adalah sebesar 500 mm/menit. Langkah-langkah untuk memperoleh program NC adalah sebagai berikut:

(1) Mendesain bentuk benda kerja yang diinginkan menggunakan *software Corel Draw*; (2) Membuat program NC di *software aspire*; Klik *tab toolpath* dan pilih proses yang diinginkan, proses *cutting* dan *marking* klik *profile toolpath* dan untuk proses *engraving* klik *pocket toolpath*; (3) Atur pola pergerakan pemakanan. Kemudian *Save toolpath*; (4) Masukkan program NC ke *software Universal G-code Sender*; selanjutnya diperlihatkan masing-masing hasil yang terlihat pada display.



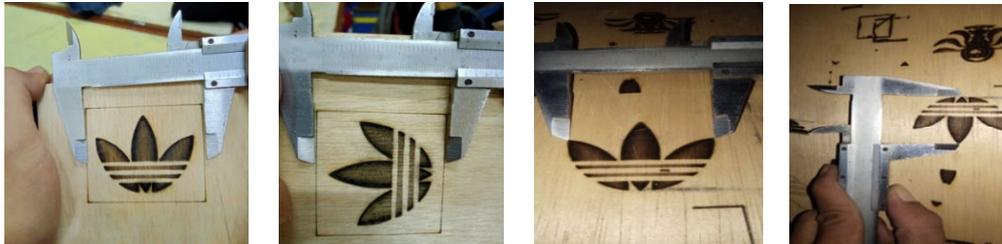
Tampilan display program NC untuk ketiga proses *cutting*, *engraving* dan *marking*. sebagai berikut.



**Gambar 4. Langkah-langkah memperoleh Program NC dan tampilan display**

Keakuratan hasil pemakanan tool pada benda kerja cukup baik, penyimpangan pada proses *marking* untuk sumbu X dan Y, masing-masing 0,10 mm. Pada proses *cutting* dengan kecepatan *feed laser* 50 mm/menit diperoleh hasil pemotongan yang halus dengan penyimpangan paling kecil yaitu 0,12 mm, sedangkan pada proses *engraving* kecepatan *feed laser* 500 mm/menit, hasil grafir cukup baik dengan penyimpangan paling kecil yaitu 0,17 mm.

Pembuatan produk ukiran pada benda kerja dengan menggunakan mesin CNC Laser Cutting lebih akurat dan 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.



**Gambar 5. Pengukuran Penyimpangan hasil pemesinan pada benda kerja**

#### 4. KESIMPULAN

##### • Kesimpulan

- 1) Penerapan program CNC untuk pembuatan produk berbentuk pemotongan (*cutting*), penandaan (*marking*) ataupun grafir (*engraving*) pada benda kerja sesuai dengan sistem mekanik dan elektronika yang terpasang pada mesin CNC Laser Cutting menggunakan perangkat lunak *Mach3mill* telah sesuai dengan program CNC pada sistem pemrograman mesin.
- 2) Keakuratan dan kepresisian hasil pemakanan tool pada benda kerja cukup baik, penyimpangan pada proses *marking* untuk sumbu X dan Y, masing-masing 0,10 mm. Pada proses *cutting* dengan kecepatan *feed laser* 50 mm/menit diperoleh hasil pemotongan yang halus dengan penyimpangan paling kecil yaitu 0,12 mm, sedangkan pada proses *engraving* kecepatan *feed laser* 500 mm/menit, hasil grafir cukup baik dengan penyimpangan paling kecil yaitu 0,17 mm.
- 3) Pembuatan produk ukiran pada benda kerja dengan menggunakan mesin CNC Laser Cutting lebih akurat dan 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.

**• Saran**

- 1) Perlu dilakukan pengujian berkali-kali pada beberapa jenis material benda kerja untuk mengetahui keandalan mesin, karena setiap material mempunyai karakteristik yang berbeda.
- 2) Perlu diperhatikan pencekaman benda kerja sebelum dilakukan proses permesinan, cara setting tool yang baik pada benda kerja (*reference point*), dan tool/pahat yang akan digunakan untuk memperoleh hasil permesinan yang akurat dan presisi.
- 3) Pengembangan mesin selanjutnya disarankan agar komponen-komponen vital menggunakan komponen standar yang original sehingga kinerja mesin lebih baik dan penggunaan mesin dapat lebih awet.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Pramono, Gatot Eka d.k.k. 2015. *Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin. FT-UIK. Bogor: Universitas Ibn Khaldun
- [2] Fernety, Art dan John Prentice. 2013. *Using Mach3Mill or The Nurture, Care and Feeding of The Mach3 Controlled CNC Mill*. ArtSoft Software Incorporated.
- [3] Harrizal, Ikhlah Syukran, Syafri dan Prayitno. 2017. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Cnc Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System*. JOM FKTEKNIK. Vol. 4 (2). Pekanbaru: Universitas Riau
- [4] Amala, Mushafa, Susilo dan Adi Widyanto. 2014. *Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Operasi Mesin Milling CNC Trainer*. Jurnal Teknik Mesin S-1 Vol.2 No. 3.
- [5] Salam, Abdul. 2014. *Pemrograman Dasar NC*. Yogyakarta: Deepublish.
- [6] Jundurrahman. 2018. *Teknologi Tepat Guna mesin CNC Milling 3 Axis Berbasis Mach-3 Controller*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mekatronika. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang
- [7] Sonawan, Hery. 2013. *Perancangan Elemen Mesin*. Bandung: Alfabeta.
- [8] Zaynawi, Bayu Wiro. K, Fipka Bisono. 2018. *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.

**6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Tim pelaksana mengucapkan terimakasih kepada UP3M, yang telah memberikan bantuan dana penelitian Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) yang bersumber dari dana DIPA Rutin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Terimakasih juga disampaikan kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua Jurusan Teknik Mesin serta Kepala Bengkel Mekanik, Bengkel Las, Bengkel Produksi CNC yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas yang sangat mendukung kegiatan penelitian terapan ini.