

**PERANCANGAN MODULAR JIG AND FIXTURE UNTUK
MESIN MINI CNC ROUTER 3 AXIS**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik

Oleh :

DARU CHUSNU UTAMA PUTRA AZIS

D600150109

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

PERANCANGAN *MODULAR JIG AND FIXTURE* UNTUK MESIN *MINI CNC ROUTER 3 AXIS*

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

Daru Chusnu Utama Putra Azis

D600150109

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen

Pembimbing



Ratnanto Fitriadi, ST, MT

NIK. 889

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN *MODULAR JIG AND FIXTURE* UNTUK MESIN *MINI CNC ROUTER 3 AXIS*

Oleh :

DARU CHUSNU UTAMA PUTRA AZIS

D600150109

Telah Dipertahankan di depan Dewan Penguji

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari *Jumat*, *8 Nopember*.....2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

Nama

Tanda Tangan

1. Ratnanto Fitriadi, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Munajat Tri Nugroho, S.T., M.T., Ph.D

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Mcuh Djunaidi, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....*Ratnanto*.....)

(.....*Munajat*.....)

(.....*Mcuh*.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Naskah Publikasi yang telah dikerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada suatu perguruan tinggi, dan selama sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 November 2019

Penulis



Daru Chusnu Utama Putra Azis

D600150109

PERANCANGAN MODULAR JIG AND FIXTURE UNTUK MESIN MINI CNC ROUTER 3 AXIS

Abstrak

Jig dan fixture adalah alat bantu yang berfungsi memegang benda kerja agar didapatkan hasil produksi yang akurat dan uniform. Dalam perancangan jig dan fixture harus dirancang secara spesifik agar dapat menyangga serta mempertahankan posisi benda kerja pada saat proses pengekanan dan pemesinan. Jig dan fixture dilengkapi dengan manual ataupun petunjuk yang jelas dengan tujuan agar hasil dari proses pemesinan sesuai dengan harapan dan planning, dapat digunakan pada karyawan yang belum berpengalaman, serta meminimalisir error pada saat alat bantu tersebut digunakan (Hoffman, 1996). Dalam pengerjaan benda kerja di laboratorium otomasi teknik industri universitas muhammadiyah Surakarta, mesin cnc yang digunakan adalah mesin mini CNC. Dalam pengerjaannya mesin tersebut belum memiliki alat bantu yang mumpuni untuk mengerjakan benda kerja, sehingga hasil dari pengerjaan tersebut bisa terbilang kurang presisi dan teliti. Selain itu faktor lain yang mempengaruhi minimnya alat bantu adalah harganya yang terbilang mahal karena untuk membuat sebuah alat yang bersifat modular memerlukan biaya yang tergolong besar dan kapasitas yang dibutuhkan bukan berskala industri. Kebutuhan jig and fixture yang dibutuhkan juga harus bisa fleksibel atau dapat digunakan dengan cara mudah dan plug and use sehingga dapat meminimalkan waktu setup, loading maupun unloading.

Kata Kunci: Alat Bantu Pemesinan, Modular jig and fixture, Mesin mini CNC.

Abstract

Jig and fixture are production tools that are used to hold the workpiece so that the result are precise and uniform. In the design process of jig and fixture must designed in specific way to support and maintain the position of the workpiece during machining process. Jig and fixture must be equipped with clear manual procedure with the aim that the output of the machining process is as planned, can be used by inexperienced operators, and minimize error in these tools (Hoffman, 1996). In the workpiece processing in industrial engineering automation laboratory of the Muhammadiyah University of Surakarta, mini cnc machine is used. In the process, the machine does not yet have a qualified tools to processing the workpiece, so the output can be considered less precise and accurate. In addition, other factors that influence the lack of qualified tools are relatively expensive because in order to make a modular device requires relatively large cost and the required capacity is not industrial scale. Requirement for jig and fixture also must be flexible or can be used easily, plug and use so can minimize setup, loading and unloading time.

Keywords: Machining tools, Modular jig and fixture, Mini CNC machine.

1. PENDAHULUAN

Dalam pengerjaan benda kerja pada laboratorium otomasi teknik industri universitas muhammadiyah Surakarta, mesin *mini cnc* yang digunakan adalah mesin *mini CNC*. Selain itu faktor lain yang mempengaruhi minimnya alat bantu adalah harganya yang terbilang mahal karena untuk membuat sebuah alat yang bersifat modular memerlukan biaya yang tergolong besar dan kapasitas yang dibutuhkan bukan berskala industri yang membutuhkan kuantitas dan kualitas. Kebutuhan *jig and fixture* yang dibutuhkan juga harus bisa fleksibel atau dapat digunakan dengan cara mudah dan *plug and use* sehingga dapat meminimalkan waktu *setup*.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *Modular Jig and Fixture* pada mesin *Mini Router CNC* yang memenuhi aspek fungsi dan teknis. Sehingga dapat digunakan di berbagai macam kegiatan seperti Perancangan teknik industri, Otomasi maupun proses manufaktur, sehingga selain dapat digunakan untuk sarana pembuatan alat secara individu dapat juga digunakan untuk sarana edukasi di lingkungan laboratorium otomasi teknik industri universitas Muhammadiyah Surakarta.

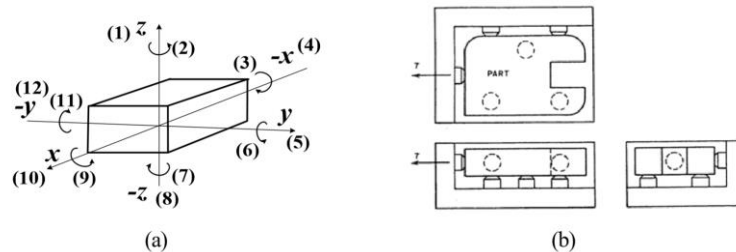
2. METODE

2.1 Modular Fixture

Biaya *fixturing* dalam penggunaan *dedicated fixture* mencapai 20% dari biaya pembelian dari *flexible manufacturing System (FMS)* (Bidanda dan Muralikrishnan, 1992). Biaya *dedicated fixture* yang tinggi pada FMS juga disebutkan oleh Nee (1995). Bidanda dan Muralikrishnan (1992) menyatakan bahwa penggunaan *Modular fixture* bisa mengurangi biaya proses *fixturing* sampai 80% dan waktu *Assembly* dari *fixture* lima kali lebih efisien. Waktu perancangan serta perakitan dari *Modular fixture* yang efisien juga dijelaskan oleh Siong et al. (1992). Salah satu jenis *fixture* yang *Modular* adalah *modular fixture* yang memiliki sistem *slot* ataupun sistem *hole* (Nee, et al., 1995). Fungsi *fixture* yaitu melakukan penahanan gaya pada saat benda kerja dilakukan proses penempatan, pencekaman dan permesinan selama proses produksi dapat dikatakan terpenuhi apabila

fixture dapat menahan pergerakan benda kerja pada aturan dua belas arah derajat kebebasan serta jumlah gaya yang terjadi dalam seluruh proses sama dengan nol. Gambar 1. menunjukkan dua belas derajat kebebasan benda dalam ruang.

Gambar 1. (a) Dua belas derajat kebebasan arah gaya (b) Penempatan lokator 3-2-1



2.3 Kriteria Von Mises

Tegangan Von Mises adalah tegangan yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada material apabila material mendapatkan tegangan triaksial yang menghasilkan energi regangan. Kegagalan terjadi ketika besar energi regangan dari tegangan triaksial sama dengan energi regangan dari uji tarik standar material ketika mulai terjadi luluh (Bhandari, 1994: 93). Analisis yang dilakukan adalah mencari besar tegangan *von mises* maksimal pada masing-masing desain model pegas daun untuk kemudian dibandingkan dan dibahas. Kriteria luluh *Von mises* menyatakan bahwa peluluhan akan terjadi ketika nilai tegangan geser mencapai nilai kritis (Agus Dwi Anggono ; 2018):

2.4 Benchmarking

Benchmarking adalah perbandingan secara sistematis dari suatu proses dan performa pada suatu *best practice* (Camp, 1989). *Benchmarking* adalah sebuah parameter yang *relative* dari entitas produksi dalam mengubah sebuah sumber daya menjadi sebuah *output* atau hasil (Bogetoft et al, 2011).

2.3 Formulasi Analitik

Dalam proses pencekaman sebuah *Modular jig and fixture* harus mampu memenuhi keakuratan ,tidak mengakibatkan deformasi benda kerja, serta

dapat mencegah gesekan antara *fixture* dan mata pahat, juga memungkinkan *clamp* tambahan untuk mengeliminasi vibrasi pada saat proses permesinan (Chou, dkk: 1989). Dalam menentukan jumlah gaya pencekaman gaya pemesinan kritis digunakan. Untuk menentukan gaya pencekaman, formulasi digunakan sebagai berikut:

$$F_C = \frac{61565,6576 \times f_m \times D}{SS}$$

Hubungan gaya pencekaman, gaya peletakan, dan gaya pemesinan :

$$[W_p W_a][F_p F_a]^T + [f_k w_k] = 0 \quad (1)$$

Atau,

$$W_p F_p + W_a F_a + f_k w_k = 0 \quad (2)$$

Matriks W_p , W_a , dan w_k pada arah gaya serta momen gaya yang spesifik, terdiri dari tiga arah gaya sumbu pada x, y, dan z dan tiga buah momen terhadap sumbu pada x, y, dan z.

Sehingga gaya reaksi pada lokator F_p dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_p = -W_p^{-1} W_a F_a - W_p^{-1} f_k w_k \quad (3)$$

invers dari matriks W_p dinyatakan dalam:

$$W_p = \begin{bmatrix} A & O \\ T & B \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$W_p^{-1} = \begin{bmatrix} A^{-1} & O \\ -B^{-1} T \cdot A^{-1} & B^{-1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Formulasi analitik pada tahap penempatan, pencekaman, dan pemesinan adalah :

1) Tahap Penempatan

Gaya yang terjadi pada benda kerja merupakan gaya penempatan berlawanan dengan arah gaya lokator. Persamaan dari gaya penempatan :

$$F_p = -W_p^{-1} \times w_l \times f_l$$

2) Tahap Pencekaman

Gaya penempatan sudah tidak bekerja sementara gaya pencekaman belum bekerja, sehingga persamaannya adalah sebagai berikut:

$$F_p = -W_p^{-1} \times w_a \times f_a$$

3) Tahap Pemesinan

Dilakukan pengujian pada setiap unit lokator guna mengetahui adanya sentuhan antara benda kerja dengan lokator pada saat proses pemesinan. Gaya potong serta gaya pencekaman bekerja di benda kerja:

$$F_p = -Wp^{-1} \times w_g \times f_g$$

Apabila F_p adalah positif maka terjadi kontak/sentuhan antara lokator dengan benda kerja, serta ada gaya yang menekan benda kerja pada saat proses pemesinan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Perancangan *Modular Jig and Fixture*

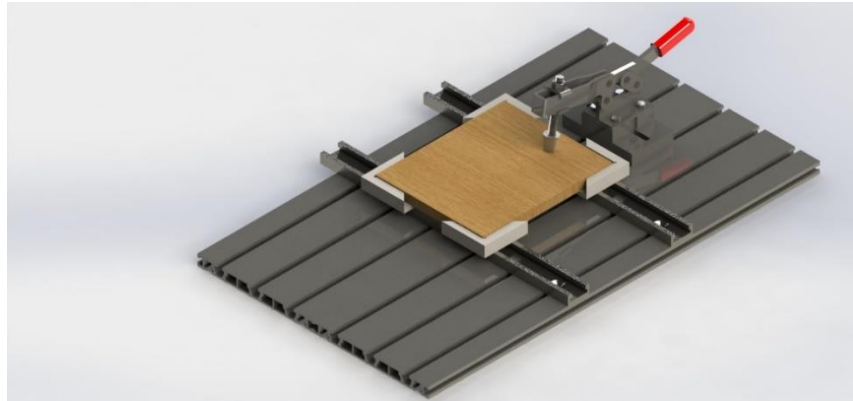
Perancangan *Modular and Jig Fixture* dilakukan dengan melakukan *Benchmarking* pada produk lain yang tersedia di pasaran, lalu dilakukan improvisasi dan modifikasi alat-alat tersebut sehingga secara aspek fungsi dan teknis dapat memenuhi kebutuhan. Aspek fungsi meliputi penggunaan dapat dilakukan pada kondisi kerja *flat* dan *angled*, aspek teknis meliputi kemampuan alat bantu yang dapat digunakan secara *Modular* dan dapat digunakan dengan mudah dan menyesuaikan.

Berdasarkan data *benchmarking* yang telah dilakukan untuk komponen Set *Jig and Fixture*, *Locator and Supporting*, *Toogle Clamp* dan *F-clamp*. Dilakukan sebuah analisa guna menentukan gambaran awal untuk membuat rancangan alat bantu *Modular Jig and Fixture* yang sesuai dengan aspek fungsi dan aspek teknis.

Setelah tahap *Benchmarking* dilakukan, tahap selanjutnya yaitu tahap perancangan alat. Tahap perancangan alat dilakukan menggunakan aplikasi *Solidworks*. Tahap perancangan diklasifikasikan menjadi 4 macam meliputi : Rancangan *Toogle Clamp*, Rancangan *F-clamp* dan Rancangan *Locator and Supporting*. Sebelum melakukan perancangan diperlukan spesifikasi mesin tersebut agar ukuran dari rancangan alat dapat menyesuaikan bentuk dari mesin.

Berikut ini adalah rancangan akhir dari *Modular Jig and Fixture* yang akan diimplementasikan pada mesin Mini CNC Router. Pada rancangan dibawah ini benda dikerjakan dalam keadaan miring dengan sudut pengerjaan

20 derajat. Total benda memiliki 8 komponen meliputi 2 unit lokator, 1 unit *Toogle Clamp*, 1 unitudukan *Toogle Clamp*, 1 unit *Support*, 1 unit *Rail*, 1 unit *F-Clamp*, 1 unit *Basepin*.



Gambar 2. Rancangan Modular Jig and Fixture

3.2 Perhitungan Perancangan Alat Bantu

Pada pengujian perancangan alat bantu ini alat diuji menggunakan perhitungan dengan aplikasi *Microsoft Excel* untuk untuk menentukan gaya penempatan, pengekaman dan permesinan. Sebelum melakukan perhitungan ditentukan terlebih dahulu ukuran dimensi dari bahan yang akan dilakukan pengujian sehingga mengetahui ukuran maksimal dan minimal dari pengerjaannya. Dimensi benda kerja dibagi menjadi 4 jenis :

Tabel 1. Spesifikasi Benda Kerja

Pengerjaan	Batasan Pengerjaan			
	Panjang	Lebar	Tebal	Sudut
Datar Maksimal	450	225	15	0
Datar Minimal	180	150	10	0
Miring Maksimal	200	150	10	15
Miring Minimal	150	125	10	25

Setelah melakukan perhitungan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*, diketahui nilai F_p dari tahap penempatan, pengekaman dan permesinan.

Pada benda kerja datar ukuran maksimal, datar ukuran minimal, miring ukuran maksimal dan miring ukuran minimal, nilai f_p pada tahap penempatan menunjukkan positif yang artinya terjadi kontak pada benda kerja dan lokator. Pada tahapan pengekaman.

Tabel 2. Perhitungan Permesinan Benda Kerja Datar Ukuran Maksimal

fp	nx	ny	mz	nz	mx	my
f1	0,00	295,91	295,91	0,00	295,91	0,00
f2	0,00	295,91	295,91	0,00	295,91	0,00
f3	591,82	0,00	591,82	0,00	0,00	591,82
f4	0,00	0,00	0,00	147,96	147,96	147,96
f5	0,00	0,00	0,00	147,96	147,96	147,96
f6	0,00	0,00	0,00	295,91	295,91	295,91

Tabel 3. Perhitungan Permesinan Benda Kerja Datar Ukuran Minimal

fp	nx	ny	mz	nz	mx	my
f1	0,00	295,91	295,91	0,00	295,91	0,00
f2	0,00	295,91	295,91	0,00	295,91	0,00
f3	591,82	0,00	591,82	0,00	0,00	591,82
f4	0,00	0,00	0,00	147,96	147,96	147,96
f5	0,00	0,00	0,00	147,96	147,96	147,96
f6	0,00	0,00	0,00	295,91	295,91	295,91

Tabel 4. Perhitungan Permesinan Benda Kerja Miring Ukuran Maksimal

fp	nx	ny	mz	nz	mx	my
f1	0,00	869,92	869,92	0,00	869,92	0,00
f2	0,00	869,92	869,92	0,00	869,92	0,00
f3	1739,85	0,00	1739,85	0,00	0,00	1739,85
f4	0,00	0,00	0,00	434,96	434,96	434,96
f5	0,00	0,00	0,00	434,96	434,96	434,96
f6	0,00	0,00	0,00	869,92	869,92	869,92

Tabel 5. Perhitungan Permesinan Benda Kerja Miring Ukuran Minimal

fp	nx	ny	mz	nz	mx	my
f1	0,00	869,92	869,92	0,00	869,92	0,00
f2	0,00	869,92	869,92	0,00	869,92	0,00
f3	1739,85	0,00	1739,85	0,00	0,00	1739,85
f4	0,00	0,00	0,00	434,96	434,96	434,96
f5	0,00	0,00	0,00	434,96	434,96	434,96
f6	0,00	0,00	0,00	869,92	869,92	869,92

Pada tahap permesinan, nilai f non negative yang artinya pada saat proses permesinan, lokator dapat menahan benda kerja, diketahui nilai gaya kritis pada saat proses permesinan pada benda kerja datar ukuran maksimal sebesar 591,82 N, benda kerja datar ukuran minimal sebesar 591,82 N, benda kerja miring ukuran maksimal sebesar 1739,85 N dan benda kerja miring ukuran minimal sebesar 1739,85 N.

3.3 Pengujian Kekuatan Bahan Rancangan

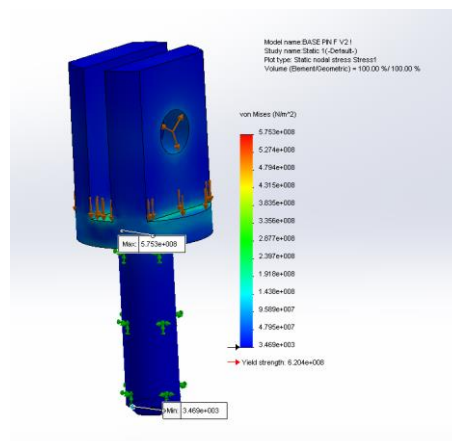
Dalam perhitungan kriteria *Von Mises* ini alat bantu dihitung apakah alat tersebut aman saat digunakan atau tidak. Faktor keamanan adalah faktor yang digunakan untuk melihat tingkat keamanan dari suatu komponen (Shigley dan Mitchel, 1984: 11).

Pada pengujian, dilakukan dengan menggunakan gaya kritis atau maksimal yang diterima oleh alat saat melakukan gaya *Clamping*. Dimana gaya *Clamping* dapat dihitung menggunakan aplikasi *Computer Aided Manufacture* (CAM) dari *Solidworks HSMworks*. Dimana dapat diketahui dari tabel 6. dibawah ini.

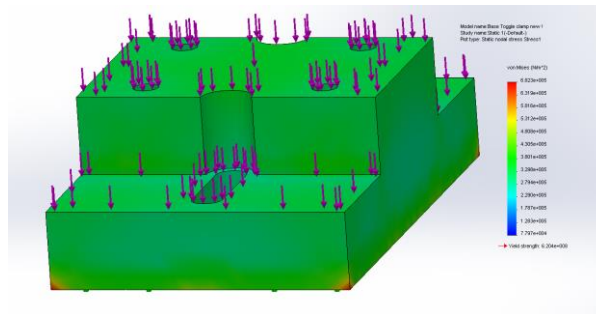
Tabel 6. Perhitungan Gaya *Clamping* Untuk Pengujian

Number	Fm (cm/min)	Diamater (mm)	Spidle (rpm)	Clamping Force (N)
1	11,304	3	1200	1739,845

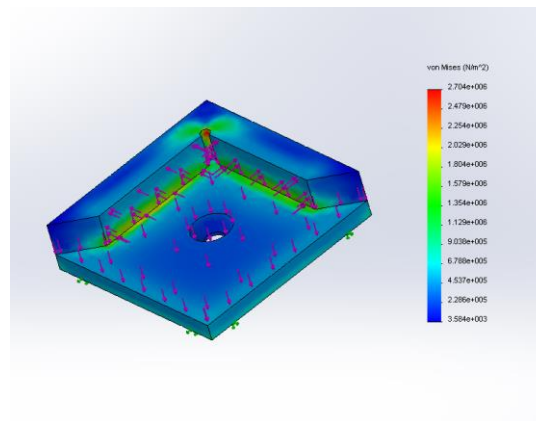
Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya kepada alat bantu sebesar 1739,845 N. dengan *Yield Strenght* dari masing masing material. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software solidwork simulation*. Setelah pengujian dilakukan langkah selanjutnya adalah menentukan faktor keamanan dari setiap komponen dengan cara membagi *Yield Strenght* dengan gaya maksimal, apabila hasil dari formulasi tersebut menunjukkan angka kurang dari 1 maka dapat dikatakan bahwa benda tersebut telah luluh.



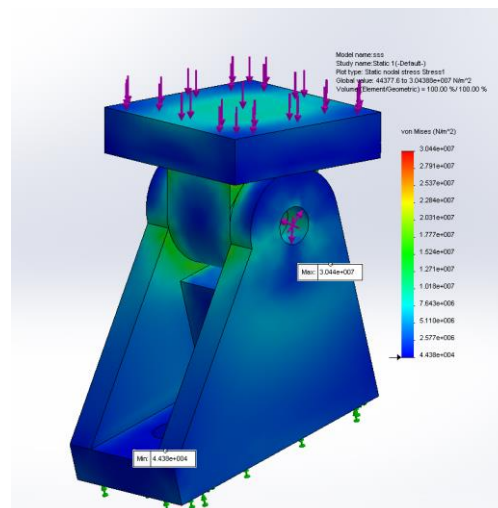
Gambar 3. Pengujian Bahan *Basepin*



Gambar 4. Pengujian Kekuatan Dudukan *Toogle Clamp*



Gambar 5. Pengujian Kekuatan Bahan *Locator*



Gambar 6. Pengujian Kekuatan Bahan *Support*

Setelah dilakukan analisa pada setiap komponen tersebut, diketahui faktor keamana dari *basepin* sebesar 1,07, dudukan *toogle clamp* sebesar 909,277, lokator sebesar 16,826 dan *support* sebesar 1,494. Dimana nilai faktor

keamanan lebih dari 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa benda tersebut dapat menahan gaya *clamping* atau benda tersebut tidak luluh.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian *Modular Jig and Fixture* untuk mesin *Mini CNC Router* dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- 1) Proses *benchmarking* menghasilkan rancangan dari alat yang sudah tersedia di pasar. Kemudian dikembangkan lagi agar fungsi teknis dapat dipenuhi dalam mesin *mini CNC* .
- 2) Pada proses perancangan, alat juga dilakukan pengujian, baik itu pengujian menggunakan Perhitungan Perancangan alat bantu maupun dengan menggunakan Von mises yang tersedia di aplikasi Solidworks. Alat dinyatakan “Aman” setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan Force sebesar 90 N dengan posisi penempatan, pencekaman dan permesinan yang sudah tepat.
- 3) Proses pembuatan beberapa komponen seperti Lokator, Support dapat dilakukan menggunakan Rapid Prototyping, sehingga dapat mempercepat proses pembuatan dan menekan biaya pembuatan.
- 4) Berdasarkan kedua pengujian yang telah dilakukan pada rancangan *Modular Jig and Fixture Mini CNC Router* , dapat dikatakan memenuhi kriteria sehingga alat sudah siap dilanjutkan pada proses pembuatan .

4.2 Saran

Setelah mampu menyelesaikan penelitian ini, diperoleh beberapa saran yang bisa menjadi saran untuk penelitian selanjutnya :

- 1) Diharapkan kedepan, pengembangan dari alat ini tetap dilanjutkan, terutama pada pemilihan material dari *Modular jig and fixture* seperti mengganti bahan dari lokator menjadi besi, sehingga alat tersebut diharapkan akan lebih kuat dalam mencengkram benda kerja.
- 2) Memperkecil alat bantu menjadi lebih kecil mengingat alat yang dirancang memiliki ukuran yang terlalu dekat dengan batas *allowance* dari mesin untuk ukuran pengerjaan benda.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Dwi Anggono. (2018) . Teknologi CAD/CAM/CAE dan Rapid Prototyping dalam Industri Manufaktur. Surakarta : Muhammadiyah University Press.
- Bhandari, V.B. (1994). *Design of Machine Elements*. New Delhi: Tata McGrawHill
- Bidanda, B., and Muralikrishnan, C.K . (1992). “*Flexible Fixturing for Intelligent Manufacturing.*” in *Intelligent Design and Manufacturing*, Kusiak, A. (editor), John Wiley and Sons, Inc., New York, p. 205-231.
- Bogetoft, P, Otto, L, & Springer Link. (2011). *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. New York : Springer.
- Camp, Roberts. (1989). *Benchmarking : The Search For Industry Best Practices That Lead To Superior Performance*, Florida: Productivity Press.
- Chou, Y.C, Chandru, V., and Barash, M.M., .(1989). “ A Mathematical Approach to Automatic Configuration of Machining *Fixtures*: Analysis and Synthesis. ” *Journal of Engineering for Industry*, Vol. 111, p. 299-306.
- Edward. G. Hoffman .(1996). *Jig and Fixture Design* . Delmar Publishers, An International Thomson Publishing Company.
- Nee, A.Y., Whybrew K, and Kumar, S.A .(1995). *Advanced Fixture Design for FMS*, Springer Verlag, London.
- Siong, L.B., Imao, T., Yoshida, H., Goto, K., Koh, S.L., Lim, D., Chin, L., and Gan, S.C., .(1992). “ *Integrated Modular Fixture Design, Pricing and Inventory Control Expert System.* ” *International Journal Production Research*, Vol. 30, No. 9, p. 2019-2044