

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT BANTU PENCEKAMAN
UNTUK MESIN MORTISER**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Oleh:

MUHAMMAD AGUNG RAHMADI
D 600 120 027

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT BANTU PENCEKAMAN
UNTUK MESIN MORTISER**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh :

MUHAMMAD AGUNG RAHMADI
D 600 120 027

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Eko Setiawan, ST., MT., Ph.D.
NIK. 888

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Surakarta, 31 October 2016

Penulis,



MUHAMMAD AGUNG RAHMADI

D 600 120 027

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT BANTU PENCEKAMAN UNTUK MESIN MORTISER

Abstrak

Teknologi yang semakin berkembang pesat membuat permintaan akan produk *custom* semakin meningkat. Di sisi lain, sering kali teknologi penunjang yang digunakan memiliki batasan dalam pengoperasiannya. Hal ini berdampak pada ketidakmampuan teknologi dalam mengakomodir kebutuhan secara menyeluruh dan berimbas pada terhambatnya proses manufaktur. Pada kegiatan proses produksi Praktikum Perancangan Teknik Industri 1 di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, dimana salah satu mesin produksi yaitu mesin Mortiser tidak dapat digunakan secara maksimal karena ukuran benda kerja yang diproses tidak ideal untuk sistem pencekaman yang ada. Hal ini mendorong peneliti untuk melakukan modifikasi terhadap sistem pencekaman tersebut. Modifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan dimensi benda kerja yang diproses, proses yang dilakukan oleh mesin Mortiser, aspek teknis perancangan alat bantu produksi, serta ketersediaan *tool* dan material penunjang. Alat bantu pencekaman yang dirancang diharapkan mampu mengatasi masalah proses pemesinan pada mesin Mortiser, memudahkan operator mesin dalam menjalankan proses pemesinan, serta meningkatkan efisiensi waktu proses.

Kata kunci: Alat Bantu Produksi, *Fixture*, Mesin Mortiser

Abstract

The technology that growing rapidly increasing custom product demand. On the other hand, support the technology mostly has limitations in operation. This resulted in an inability to accommodate overall the technology needs and the impact on the delay of the manufacturing process. In the production process Industrial Engineering Design Practice 1 at the Industrial Engineering Department, Muhammadiyah University of Surakarta, where one production machine that Mortiser machine can not be used optimally because of the size of the workpiece to be processed is not ideal for existing clamping system. This prompted the researchers to make modifications to the clamping system. Modifications made by considering the dimensions of the workpiece to be processed, the process is done by machines Mortiser, the technical aspects of designing production tools, as well as the availability of tools and material support. Tools designed clamping expected to overcome problems Mortiser machining process on the machine, allowing the machine operator to run the machining process, and increase efficiency.

Keywords: *Fixture design, Manufacturing tools, Mortising machine*

1. PENDAHULUAN

Sentuhan teknologi memberikan perubahan dan kemudahan dalam dunia manufaktur. Teknologi yang semakin berkembang pesat dewasa ini memungkinkan suatu kegiatan produksi dilakukan secara masal dalam waktu yang relatif singkat. Namun dengan segala kemudahan yang ada saat ini membuat permintaan akan produk *custom* semakin meningkat. Sementara, sering kali teknologi penunjang yang digunakan memiliki batasan dalam pengoperasiannya. Hal ini berdampak pada ketidakmampuan teknologi dalam mengakomodir kebutuhan secara menyeluruh.

Contoh dari kasus ini terdapat pada fasilitas Laboratorium Perancangan Teknik Industri Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta yang digunakan untuk kegiatan produksi pada mata kuliah Praktikum Perancangan Teknik Industri 1 tepatnya pada stasiun kerja mesin Mortiser. Pada stasiun kerja tersebut operator sering kali mengalami kendala dalam melakukan proses pemesinan. Ketika mesin digunakan untuk melubangi benda, mata pahat akan tersangkut pada benda kerja yang mengakibatkan benda kerja ikut terangkat dan berubah posisi ketika mata pahat dicabut. Hal ini disebabkan oleh sistem pencekam pada mesin Mortiser yang hanya dapat membatasi pergerakan linear benda kerja terhadap sumbu x dan sumbu y namun tidak pada sumbu z. Sementara menurut Hoffman (1996) sebuah sistem pencekaman yang ideal adalah sistem pencekaman yang dapat membatasi seluruh derajat kebebasan benda kerja selama proses pemesinan berlangsung sekaligus memberikan kemudahan bagi operator dalam penggunaannya.

Berdasarkan latar belakang yang tersebut maka perlu dilakukan perancangan sistem pencekam dan pembuatan alat bantu pencekaman guna mengatasi masalah proses pemesinan pada stasiun kerja mesin Mortiser di Laboratorium Perancangan Teknik Industri Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta.

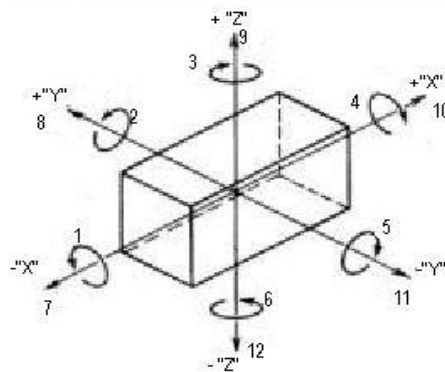
2. METODE

2.1 *Jig dan Fixture*

Jig dan fixture merupakan alat bantu produksi yang digunakan untuk memegang benda kerja agar didapatkan hasil produksi yang presisi dan seragam. Dalam perancangannya *jig* dan *fixture* harus didesain sedemikian rupa agar dapat menopang serta mempertahankan posisi benda kerja selama proses pemesinan. *Jig dan fixture* harus dilengkapi dengan prosedur penggunaan yang jelas dengan tujuan agar output dari proses pemesinan sesuai dengan yang direncanakan, dapat digunakan oleh operator yang belum berpengalaman, serta meminimalisir kesalahan dalam penggunaan alat bantu tersebut (Hoffman, 1996).

2.2 Prinsip-prinsip Perancangan Jig dan Fixture

Menurut Rong dan Zhu (1999) proses *locating* pada penggunaan *fixture* merupakan proses penempatan benda kerja hingga beberapa permukaan benda kerja tersebut bersentuhan dengan lokator-lokator yang terdapat pada *fixture*. Selanjutnya dilakukan proses pengecaman (*clamping*) benda kerja terhadap *fixture* sebagai usaha dalam mempertahankan kedudukan benda kerja ketika proses pemesinan sedang berlangsung. Beberapa permukaan benda kerja yang mengalami kontak dengan lokator-lokator pada *fixture* disebut sebagai *locating-surface*. Terdapat 12 derajat kebebasan pergerakan pada sebuah benda kerja yang merupakan pergerakan linear searah, berlawanan arah, atau pergerakan rotasi terhadap sumbu x, y, dan z.



Gambar 1. Derajat Kebebasan Benda Kerja

Menurut Rong dan Zhu (1999), lokator dipasang pada masing-masing titik kontak sehingga posisi benda kerja dapat dipertahankan dan untuk menghindari pergerakan benda kerja. Keenam lokator tersebut diposisikan pada tiga bidang yang saling tegak lurus, antara lain:

1. Bidang lokator primer berupa tiga buah lokator yang diletakkan pada bidang x-y sehingga membatasi kebebasan linear pada sumbu z serta derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu x dan y.
2. Bidang lokator sekunder berupa dua lokator yang diletakkan pada bidang x-z sehingga dapat membatasi derajat kebebasan linear sumbu y serta derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu z.
3. Satu lokator diletakkan pada bidang y-z sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu x.

Selain prinsip peletakan benda kerja, dalam perancangan *jig* dan *fixture* juga harus mempertimbangkan prinsip pengecaman. Sama halnya dengan lokator, pengecaman (*clamping*) berfungsi untuk mempertahankan posisi benda kerja. Pengecam (*clamp*) secara spesifik dirancang untuk menahan pergerakan benda kerja dan membatasi kebebasan linear pada sumbu z.

Kriteria yang harus dipenuhi dalam pengecaman adalah mampu memenuhi keakuratan dan *repeatability*, tidak merusak/mendeformasi benda kerja, menjamin tidak ada interferensi antara *fixture* dan pahat potong, serta memungkinkan *clamp* tambahan untuk meminimalisir getaran atau distorsi (Chou, dkk: 1989).

Dalam menentukan besarnya gaya pengecaman didasarkan pada kemungkinan gaya pemesinan terbesar yang terjadi selama proses berlangsung. Perhitungan gaya pengecaman menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

- F_c = Gaya pengecaman (*Newton*)
- D = Diameter mata bor (mm)
- SS = Kecepatan spindel (rpm)
- f_m = Kecepatan pemakanan (cm/menit)

2.3 Formulasi Analitik

Hubungan antara gaya pengecaman, gaya peletakan, dan gaya pemesinan dapat dinyatakan dalam bentuk vektor sebagai berikut:

$$[W_p W_a][F_p F_a]^T + [f_k w_k] = 0$$

atau,

$$W_p F_p + W_a F_a + f_k w_k = 0$$

Keterangan:

- w_p = Matriks arah gaya yang bekerja pada lokator
- w_a = Matriks arah gaya yang bekerja pada *clamp*
- w_k = Matriks arah gaya pemotongan
- F_p = Matriks gaya yang bekerja pada lokator
- F_a = Matriks gaya yang bekerja pada *clamp*
- F_k = Matriks gaya pemotongan
- p = Pasif
- a = Aktif

matriks W_p , W_a , dan w_k disusun berdasarkan arah gaya dan momen dari suatu gaya tertentu dan terdiri dari tiga arah gaya pada sumbu x, y, dan z (n_x , n_y , n_z) dan tiga buah momen terhadap sumbu x, y, dan z (m_x , m_y , m_z).

Dari persamaan diatas, gaya reaksi pada lokator F_p dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_p = -W_p^{-1}W_a F_a - W_p^{-1}f_k W_k$$

Penyusunan invers dari matriks W_p dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W_p = \begin{bmatrix} A & O \\ T & B \end{bmatrix}$$

$$W_p^{-1} = \begin{bmatrix} A^{-1} & O \\ -B^{-1}T.A^{-1} & B^{-1} \end{bmatrix}$$

Formulasi analitik yang digunakan dalam tahap penempatan, tahap pengecaman, dan tahap pemesinan adalah sebagai berikut:

1. Tahap Penempatan

Pada tahap ini gaya yang terjadi pada benda kerja adalah gaya penempatan dari arah berlawanan dengan arah gaya lokator. Persamaan dari gaya penempatan dapat dituliskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

F_p = Matriks gaya yang bekerja pada lokator

w_p = Matriks arah gaya yang bekerja pada lokator

w_l = Matriks arah gaya penempatan

f_l = Matriks gaya penempatan

2. Tahap Pengecaman

Pada tahap ini gaya penempatan sudah tidak bekerja lagi sedangkan gaya pengecaman belum bekerja, sehingga persamaannya adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

F_p = Matriks gaya yang bekerja pada lokator

w_p = Matriks arah gaya yang bekerja pada lokator

w_a = Matriks arah gaya yang bekerja pada pengecam

f_a = Matriks gaya yang bekerja pada pengecam

3. Tahap Pemesinan

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap setiap lokator untuk mengetahui ada tidaknya kontak antara benda kerja dengan lokator selama proses pemesinan. Pada tahap ini gaya potong dan gaya pengecaman bekerja pada benda kerja:

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

Keterangan:

F_p = Matriks gaya yang bekerja pada lokator

- w_p = Matriks arah gaya yang bekerja pada lokator
 w_k = Matriks arah gaya pemesinan
 f_k = Matriks gaya pemesinan

semua persamaan diatas harus menghasilkan solusi non-negatif untuk Fp yang berarti terdapat adanya kontak antara benda kerja dan lokator.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Benda Kerja

Produk akhir dari Praktikum Perancangan Teknik Industri 1 berupa miniatur mobil yang terdiri dari berbagai komponen penyusun. Adapun benda kerja yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini adalah komponen-komponen miniatur mobil yang salah satu proses produksinya menggunakan mesin Mortiser dengan dimensi panjang tidak lebih dari 220 mm dan lebar tidak lebih dari 120 mm, dimana batasan tersebut merupakan dimensi panjang dan lebar dari meja kerja mesin Mortiser.

Produk tersebut memiliki desain yang berbeda antara satu kelompok praktikum dengan kelompok praktikum yang lain, sehingga terdapat variasi bentuk dan ukuran pada komponen-komponen yang digunakan sebagai objek pengamatan. Sebagai bahan pertimbangan dalam perancangan sistem pencekaman diambil 19 sampel komponen dengan dimensi berbeda dari produk hasil praktikum dua tahun terakhir. Adapun komponen-komponen tersebut beserta dimensinya ditunjukkan pada Tabel 1.

Dari 19 komponen tersebut dipilih komponen yang memiliki dimensi maksimal dan minimal untuk digunakan sebagai acuan dalam pembuatan sistem pencekaman. Komponen dengan dimensi maksimal adalah komponen 13 dengan volume 162.000 mm³ dan komponen dengan dimensi minimal adalah komponen 17 dengan volume 15.000 mm³.

Tabel 1. Sampel Benda Kerja

Komponen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Ketebalan (mm)	Volume (mm³)
1	100	60	10	60000
2	90	85	15	114750
3	160	60	10	96000
4	140	100	10	140000
5	70	60	10	42000
6	140	100	10	140000
7	140	90	10	126000
8	75	50	10	37500
9	75	45	10	33750
10	160	85	10	136000

11	80	80	10	64000
12	80	60	10	48000
13	135	80	15	162000
14	120	100	10	120000
15	100	85	10	85000
16	140	80	10	112000
17	75	40	5	15000
18	75	60	5	22500
19	140	35	30	147000

3.2 Parameter Perhitungan

Parameter yang dibutuhkan dalam formulasi analitik antara lain adalah massa benda kerja dan gaya pencekaman. Untuk massa benda kerja dengan dimensi maksimal, diketahui massa jenis (m_σ) dari kayu mahoni adalah $0,000631 \text{ kg/cm}^3$, volume (V) benda kerja adalah 162 cm^3 , dengan percepatan gravitasi (g) sebesar $9,8 \text{ m/detik}^2$. Sehingga didapat massa benda kerja dimensi maksimal (W_{max}) adalah:

$$\begin{aligned}
 W_{max} &= m_\sigma \times V \times g \\
 &= 0,000631 \text{ kg/cm}^3 \times 162 \text{ cm}^3 \times 9,8 \text{ m/detik}^2 \\
 &= \mathbf{1 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

Untuk massa benda kerja dengan dimensi minimal, diketahui massa jenis (m_σ) dari kayu mahoni adalah $0,000631 \text{ kg/cm}^3$, volume (V) benda kerja adalah 15 cm^3 , dengan percepatan gravitasi (g) sebesar $9,8 \text{ m/detik}^2$. Sehingga didapat massa benda kerja dimensi minimal (W_{min}) adalah:

$$\begin{aligned}
 W_{min} &= 0,000631 \text{ kg/cm}^3 \times 15 \text{ cm}^3 \times 9,8 \text{ m/detik}^2 \\
 &= \mathbf{0,09 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

Dalam menentukan besarnya gaya pencekaman, diketahui kecepatan pemakanan (f_m) adalah $8,98 \text{ cm/menit}$, kecepatan putar (*Spindle Speed*) 2800 RPM , dan diameter mata bor 10 mm . Sehingga besarnya gaya pencekaman yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{61565,6576 \times f_m \times D}{SS} \\
 &= \frac{61565,6576 \times 8,98 \text{ cm/menit} \times 10 \text{ mm}}{2800 \text{ RPM}} \\
 &= \mathbf{1976,26 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat Bantu

Berdasarkan sampel benda kerja yang diproses pada mesin Mortiser, dipilih dua benda kerja yang memiliki dimensi terkecil dan dimensi terbesar untuk digunakan sebagai batasan dalam perancangan alat bantu pencekaman. Dimensi minimal benda kerja yang dapat diakomodir

oleh alat bantu yaitu benda kerja yang memiliki panjang 75 mm, lebar 40 mm, dan ketebalan 5 mm. Sementara dimensi maksimal yaitu benda kerja yang memiliki panjang 135 mm, lebar 80 mm, dan ketebalan 15 mm.

Gaya yang dimiliki benda kerja dimensi minimal yaitu sebesar 0,09 N dan gaya benda kerja dimensi maksimal yaitu sebesar 1 N. Sementara gaya pengekaman yang terjadi adalah sebesar 1976,26 N. Kedua benda kerja tersebut kemudian melalui tiga tahap pengujian antara lain tahap peletakan, tahap pengekaman, dan tahap pemesinan.

Dalam tahap peletakan, terlebih dahulu menentukan koordinat titik peletakan (lokator) berdasarkan dimensi benda kerja dengan menggunakan metoda 3-2-1. Masing-masing koordinat titik peletakan untuk benda kerja dimensi minimal dan benda kerja dimensi maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

Tabel 2. Koordinat Titik Peletakan Benda Kerja Dimensi Minimal

Lokator	X	Y	Z
1	45	0	7,5
2	90	0	7,5
3	0	40	7,5
4	22,5	60	0
5	112,5	60	0
6	67,5	20	0

Tabel 3. Koordinat Titik Peletakan Benda Kerja Dimensi Maksimal

Lokator	X	Y	Z
1	25	0	2,5
2	50	0	2,5
3	0	20	2,5
4	12,5	30	0
5	62,5	30	0
6	37,5	10	0

Pada pengujian tahap ini didapat nilai F_p non negatif yang berarti terjadi kontak antara lokator pada *fixture* dengan permukaan benda kerja selama tahap peletakan. Sehingga koordinat titik peletakan tersebut diatas dinyatakan aman serta memungkinkan untuk digunakan dan dapat dilanjutkan pada tahap berikutnya.

Dalam tahap pengekaman, digunakan metoda 6 daerah untuk menentukan kandidat titik pengekaman. Pada benda kerja dimensi minimal didapat 8 kandidat titik pengekaman dan pada benda kerja dimensi maksimal didapat 6 kandidat titik pengekaman. Koordinat titik pengekaman masing-masing benda kerja dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.

Tabel 4. Koordinat Titik Pengekaman Benda Kerja Dimensi Minimal

Titik Cekam	X	Y	Z
a	37,5	30	5
b	50	30	5
c	62,5	30	5
d	37,5	20	5
e	50	20	5
f	37,5	10	5

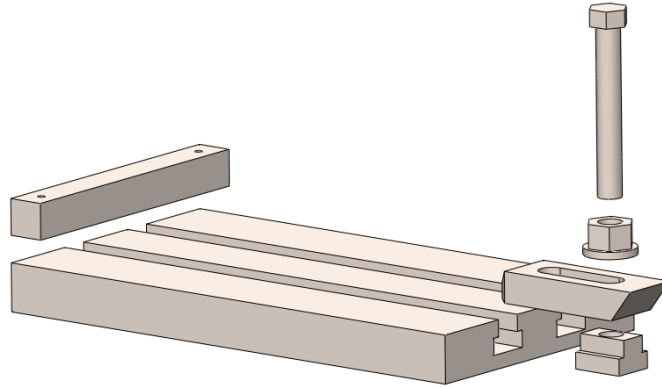
Tabel 5. Koordinat Titik Pengekaman Benda Kerja Dimensi Maksimal

Titik Cekam	X	Y	Z
a	22,5	60	15
b	45	60	15
c	67,5	60	15
d	90	60	15
e	112,5	60	15
f	45	40	15
g	67,5	40	15
h	90	40	15

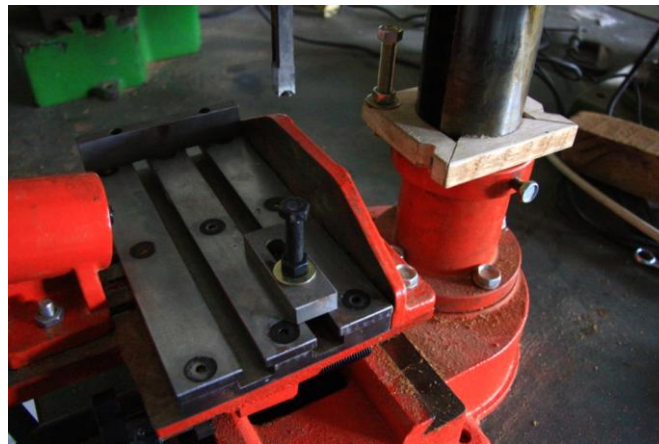
Pada tahap pengekamman didapat nilai F_p non negatif yang berarti terjadi kontak antara lokator pada *fixture* dengan permukaan benda kerja selama tahap pengekamman dan seluruh kandidat titik cekam memungkinkan untuk dipilih salah satunya untuk digunakan sebagai titik pengekamman. Titik pengekamman dipilih dari koordinat kandidat titik pengekamman yang memiliki jarak terjauh dari daerah pemesinan (*feature*). Pada benda kerja dimensi minimal terpilih titik c sebagai titik pengekamman dengan jarak terhadap *feature* sejauh 34mm. Sementara pada benda kerja dimensi maksimal terpilih titik e dengan jarak 54,08mm dari *feature*.

Dalam tahap pemesinan diasumsikan arah gaya pemesinan terhadap daerah *feature* sama dengan arah peletakan benda kerja. Pada tahap pemesinan didapat nilai F_p non negatif yang berarti terjadi kontak antara benda kerja dengan lokator selama proses pemesinan.

Jenis pengekam yang dipilih adalah *Step Clamp* dengan aksi pengekamman *hold down* (menekan kebawah) menggunakan satu buah poros pengekam (*Stud*) dan pengencang (*Fastener Device*) dengan ukuran M8. Pengekam yang digunakan memiliki dimensi ukuran 63,5 mm x 25,4 mm x 12,7 mm dengan gaya pengekamman hingga 4003,2 N. Alat bantu pengekamman menggunakan pelat dasar (*Base Plate*) alumunium berjenis *T-Slot* yang dimensinya disesuaikan dengan meja kerja yang ada pada mesin Mortiser yaitu 220 mm x 120 mm. Pelat dasar berjenis *T-Slot* memungkinkan pergerakan posisi klem menjadi lebih fleksibel sehingga dapat digunakan terhadap varian dimensi benda kerja.



Gambar 2. Desain Alat Bantu Pencekaman Mesin Mortiser



Gambar 3. Alat Bantu Pencekaman Pada Meja Kerja

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Alat bantu pencekaman benda kerja berjenis *Plate Fixture* yang dirancang dengan menggunakan *Base-plate* (pelat dasar) berjenis *T-slot* yang memungkinkan posisi klem disesuaikan dengan dimensi benda kerja.
2. Klem yang digunakan adalah *Step Clamp* dengan aksi pencekaman *hold down* (menekan ke bawah) yang secara teknis aman digunakan karena matrik gaya yang bekerja bernilai non negatif. Jenis klem yang digunakan memiliki dimensi 63,5 mm x 25,4 mm x 12,7 mm dan dapat memberikan gaya pencekaman hingga sebesar 4003,2 N.
3. Alat bantu pencekaman yang dirancang dapat digunakan pada benda kerja dengan rentang volume antara 15.000 mm³ sampai 162.000 mm³. Rincian dimensi panjang, lebar, dan tinggi minimal benda kerja adalah 75 mm, 40 mm, dan 5 mm. Sementara untuk dimensi panjang, lebar, dan tinggi maksimal benda kerja adalah 135 mm, 80 mm, dan 15 mm.

4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada dasarnya benda kerja yang optimal untuk diproses menggunakan sistem pengecaman orisinal mesin Mortiser adalah benda kerja yang memiliki dimensi berbentuk balok. Alat bantu yang dirancang pada penelitian ini merupakan alternatif yang memungkinkan benda kerja dengan dimensi berbentuk papan juga dapat diproses. Namun untuk mendapatkan hasil optimal pada pemesinan terhadap benda kerja berbentuk papan disarankan untuk menggunakan mesin Milling
2. Alat bantu pengecaman dirancang untuk benda kerja berbentuk papan dengan ketebalan maksimum 15mm. Apabila benda kerja yang diproses berbentuk balok dengan ketebalan diatas 15mm maka disarankan untuk menggunakan klem tambahan yang telah tersedia.
3. Alat bantu pengecaman menggunakan bahan dasar logam yang rentan terhadap korosi, karena itu perlu adanya perawatan secara berkala dan tempat penyimpanan khusus untuk mencegah timbulnya karat yang akan merusak fisik alat bantu tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprianto, A. (2014). *Perancangan Alat Bantu Pencekam Mesin Bandsaw*. Jurusan Teknik Industri Universitas Muhamadiyah Surakarta.
- Hoffman, E.G. (1996). *Jig and Fixture Design*, dalam Hoffman, E.G., Delmar Publishers.
- Mesin Dasar Industri kayu. http://www.tentangkayu.com/2008/02/mesin-dasar-industri-kayu_03.html (diakses 31 Maret 2016).
- Nudu, J.H., dan Toha, I.S. (2008). *Algoritma Penentuan Titik Pencekaman Hole-Based Modular Fixture*, Jurnal Teknik Industri Vol. 10.
- Prasetyo, H., Taroepratjeka, H., dan Felix, J. (2010). *Rancangan Jig & Fixture Untuk Proses Produksi Gear Belakang Sepeda Motor Yamaha*, dalam Prasetyo, H. (ed.), Institut Teknologi Nasional.
- Reid, D.T. (1998). *Fundamentals of Tool Design*, 4th edition, dalam Reid, D.T., Society of Manufacturing Engineering, Dearborn.
- Rong, Y., dan Zhu, Y. (1999). *Computer Aided Fixture Design*, dalam Rong, Y., dan Zhu, Y., Marcel Dekker Inc, New York.
- Yanis, M., dan Leonardo, H., 2015. *Perancangan Dan Pembuatan Alat Bantu Cekam Pada Mesin Sekrap Untuk Mengerjakan Proses Freis*, Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 15 No. 1.