

# Rancang Bangun *Jig* Multiguna Untuk Mesin *Drill*

Yohanes Agus Nugrahanto, Christiand, dan Anthon De Fretes

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Tangerang, Banten 15345, Indonesia

**Abstract** — *Jig* dan *fixture* adalah perkakas pembantu yang sering digunakan oleh perusahaan industri manufaktur. Penggunaan *jig* dan *fixture* berlaku untuk perusahaan besar maupun perusahaan kecil. Sebuah kelemahan dari *jig* dan *fixture* yaitu penggunaan yang dikhususkan untuk sebuah benda kerja, tetapi bila produksi benda tersebut telah selesai, *jig* dan *fixture* menjadi barang yang sudah tidak terpakai lagi. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan *jig* multiguna. *Jig* multiguna adalah sebuah alat bantu *jig* yang memiliki beberapa bagian (*part*) untuk dimodifikasi sesuai dengan barang yang akan dibuat, sehingga *jig* dan *fixture* tidak perlu dibuat ulang secara menyeluruh bila ada benda kerja baru yang akan diproduksi. Fungsi dari *jig* multiguna tetap memenuhi seluruh aspek penting dari *jig* dan *fixture*. Metode perancangan dimulai dari penjabaran tugas, perancangan konsep, perhitungan perancangan, perancangan wujud, dan perancangan detail. Selanjutnya rancangan dilakukan proses manufaktur untuk mewujudkan *jig* multiguna. Setelah *jig* multiguna sudah terwujud, dilakukan beberapa pengujian pada 3 jenis spesimen yang berbeda bentuk, lalu menganalisa keseragaman spesimen hasil dari penggunaan *jig* multiguna. Hasil rancangan menunjukkan bahwa tegangan geser yang terjadi jauh lebih kecil dari kekuatan yang dimiliki baut itu sendiri yaitu  $50,2 \text{ MPa} \leq 800 \text{ MPa}$ . Rancangan juga menunjukkan bahwa penyimpangan rata-rata spesimen 1 adalah 0,635mm, spesimen 2 adalah 0,25mm dan spesimen 3 adalah 0,021mm. Rancangan ini juga memiliki tingkat keberhasilan penggunaan *jig* multiguna sebesar 96,875% atau 31 dari 32 spesimen dapat diterima.

**Index Terms**— *Jig* multiguna, modifikasi, kekuatan dan tegangan geser, keseragaman.

## I. PENDAHULUAN

*Jig* dan *fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan pada proses manufaktur, sehingga dihasilkan duplikasi *part* yang akurat [1]. *Jig* dan *fixture* umumnya dibuat secara khusus sebagai alat bantu produksi untuk mempermudah pengaturan material yang menjamin keseragaman bentuk dan ukuran produk dalam jumlah banyak (*mass product*) serta untuk mempersingkat waktu produksi. (Edgard G. Hoffman, 1996) [2]

Tujuan alat bantu produksi *jig* dan *fixture* yaitu untuk mengurangi waktu pengaturan, menjaga serta meningkatkan kualitas barang. Pengoperasian *jig* dan *fixture* dapat digunakan secara robotik dengan bantuan mesin *CNC* atau dengan mesin produksi manual. Perusahaan manufaktur yang menggunakan mesin produksi manual umumnya menggunakan *jig* dan *fixture* yang dikhususkan untuk barang yang akan dibuat. *Jig*

dan *fixture* yang khusus untuk barang tertentu akan menjadi kurang efisien pada perusahaan berkembang yang produksinya masih menggunakan mesin produksi manual, dikarenakan bila suatu barang yang menggunakan *jig* dan *fixture* khusus tersebut tidak lagi diproduksi, *jig* dan *fixture* tersebut akan menjadi barang yang tidak terpakai. Hal tersebut menjadi kurang efisien bila perusahaan tersebut masih membutuhkan alat bantu *jig* dan *fixture* untuk memproduksi suatu jenis barang baru secara massal.

*Jig* multiguna merupakan salah satu pilihan yang tepat untuk masalah tersebut. Penggunaan *jig* multiguna ini muncul untuk mengurangi biaya serta meningkatkan efisiensi *jig* dan *fixture*. *Jig* multiguna adalah sebuah alat bantu *jig* yang memiliki beberapa bagian (*part*) untuk dimodifikasi sesuai dengan barang yang akan dibuat, sehingga *jig* dan *fixture* tidak perlu dibuat ulang secara menyeluruh untuk setiap benda kerja yang berbeda dan diproduksi secara massal.

*Jig* multiguna yang bertujuan meningkatkan efisiensi *jig* dan *fixture* untuk benda kerja yang berbeda, juga harus memenuhi fungsi utama *jig* dan *fixture* sebagai alat bantu produksi dalam mempersingkat waktu produksi, mempermudah pengaturan material pada mesin produksi, serta menjamin keseragaman bentuk dan ukuran yang akurat dan efisien.

## II. DASAR TEORI

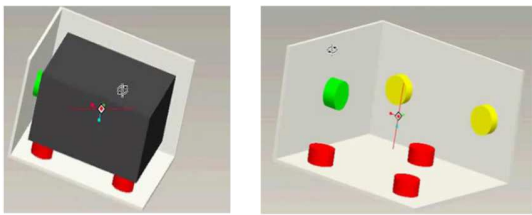
### A. *Jig* dan *Fixture*

*Jig* dan *fixture* merupakan alat perkakas pembantu pada mesin, dimana kedua perangkat ini memiliki fungsi yang sama yaitu menahan benda kerja. Menurut *American Society of Mechanical Engineering*, *jig* adalah sebuah perangkat yang mengarahkan ke mata pahat, dan mampu menahan benda kerja. *Fixture* adalah perangkat penahan atau pemegang benda kerja yang menjamin ketetapan arah dan posisi benda kerja dalam proses permesinan. [3]

### B. Lokator

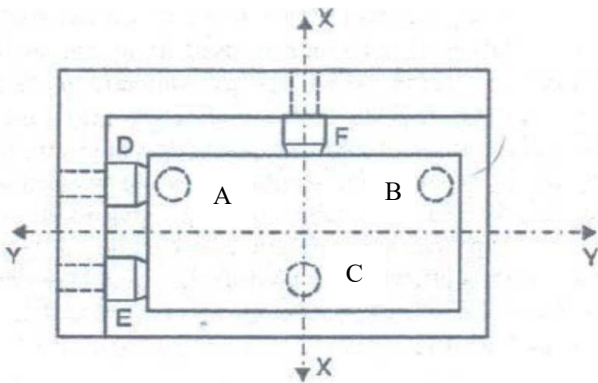
Lokator adalah salah satu perangkat pembantu *jig* dan *fixture* yang berfungsi untuk membatasi derajat kebebasan pada benda. Dengan adanya lokator, benda kerja dapat dilakukan proses permesinan tanpa adanya pergerakan, perpindahan, perputaran, dan deformasi pada benda kerja. Lokator memiliki banyak jenis seperti lokator pasak (*pin locator*), *vee locator*, lokator L, lokator prisma, dan masih banyak lokator lainnya. Walau setiap lokator mempunyai standarnya sendiri, hal tersebut masih memungkinkan adanya lokator khusus yang dibuat untuk benda kerja itu sendiri.

† Corresponding author: Christiand  
(e-mail: christiand@atmajaya.ac.id).



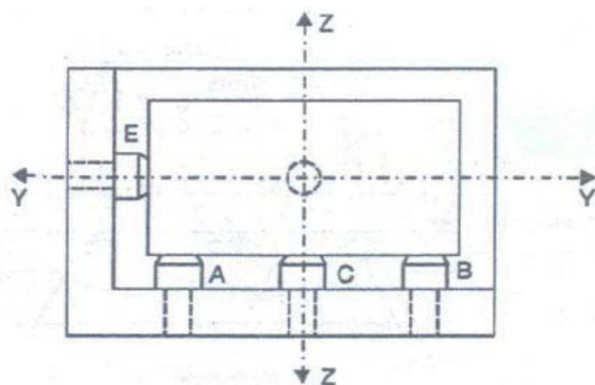
Gambar 1. Balok Dengan Lokator *Pin* [3]

Penjelasan fungsi lokator dapat ditunjukkan dengan Gambar 1 yang memiliki lokator jenis *pin* untuk membatasi derajat kebebasan balok. Pada gambar tersebut terdapat sebuah balok yang pergerakannya dibatasi oleh 6 lokator *pin* dan menghasilkan batasan sebesar 9 derajat kebebasan pada balok. Pembatasan derajat kebebasan pada balok dapat dijelaskan dan dilihat pada Gambar 2.

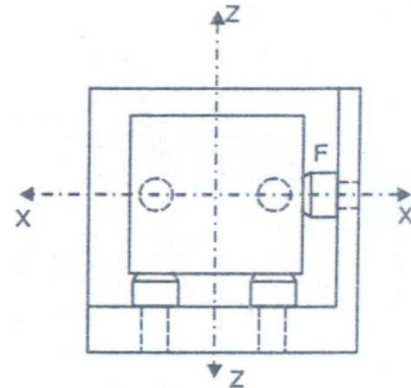


Gambar 2. Lokator *Pin* Menahan Derajat Kebebasan Balok pada Bidang X [3]

Benda kerja balok yang diletakkan di atas 3 buah *pin* A, B, dan C pada bidang X mengandung sumbu X dan Y. 3 *pin* A, B, dan C yang membatasi pergerakan balok menyebabkan balok tidak dapat berotasi 2 arah (*CW* dan *CCW*) pada sumbu x dan sumbu y, selain itu pergerakan balok ke bawah juga dibatasi oleh ketiga *pin* tersebut. Oleh karena itu *pin* atau pasak A, B, dan C sudah membatasi 5 derajat kebebasan pada balok.



Gambar 3. Lokator *Pin* Menahan Derajat Kebebasan Balok pada Bidang Y [3]



Gambar 4. Lokator *Pin* Menahan Derajat Kebebasan Balok pada Bidang Z [3]

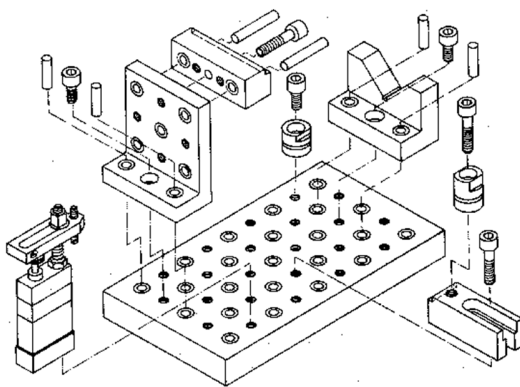
Penambahan 2 buah *pin* D dan E (Gambar 3) pada balok bidang Y mengandung sumbu Y dan Z. Peletakkan *pin* D dan E diletakkan secara tegak lurus pada bidang *pin* A, B, dan C. Penambahan 2 buah *pin* tersebut pada benda kerja balok berfungsi untuk membatasi rotasi pada sumbu Z secara 2 arah (*CW* dan *CCW*) serta membatasi pergerakan ke kiri dari benda kerja. Dengan penambahan *pin* D dan E, maka derajat kebebasan benda kerja balok yang dibatasi bertambah menjadi 3 derajat kebebasan. Dengan demikian, *pin* A, B, C, D dan E membatasi 8 derajat kebebasan pada balok.

*Pin* terakhir yang ditambahkan pada balok adalah *pin* F (Gambar 4) pada bidang Z yang mengandung sumbu X dan Z. Fungsi *pin* F pada benda kerja balok adalah membatasi pergerakan balok ke arah *pin* F tersebut berada. Sehingga dengan adanya 6 *pin* atau pasak (A, B, C, D, E, dan F) pada benda kerja balok membatasi 9 derajat kebebasan balok tersebut.

Penambahan *pin* untuk membatasi derajat kebebasan yang 10, 11, dan 12 akan menjadi tidak praktis. Hal tersebut memungkinkan bahwa *pin* yang akan ditambahkan akan mengelilingi benda kerja balok tersebut, sehingga akan mempersulit penggantian dan pemasangan benda kerja balok itu sendiri. Oleh karena itu, untuk membatasi derajat kebebasan yang tersisa dapat digunakan *clamping* sebagai salah satu perangkat bantu *workholding*. Selain untuk memenuhi derajat kebebasan yang tersisa, *clamping* juga dapat membantu agar penggantian dan pemasangan benda kerja dapat dipasang dengan benar.

### C. Modular Plate

*Modular plate* memiliki banyak lubang yang beraturan (Gambar 5), lubang tersebut berguna sebagai tempat lokator atau *pin* lokator untuk mengikat dan menopang benda kerja [4]. Selain itu dengan adanya lubang, pelat ini juga mampu memberikan ruang pembuangan benda kerja akibat proses *drill* dengan memberikan *pivot pin* untuk menopang benda kerja.



Gambar 5. Modular Fixtures [4]

Perpaduan antara *modular plate* dengan beberapa jenis lokator dapat membuat sebuah *jig* menjadi multiguna. Penambahan beberapa bagian penting dalam *jig* mampu memberikan fleksibilitas yang baik, sehingga dalam menyesuaikan benda kerja yang berbeda bentuk dapat dilakukan dengan hanya mengganti beberapa bagian, khususnya lokator.

### III. PERANCANGAN JIG MULTIGUNA

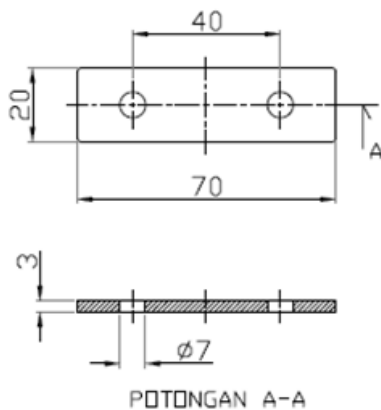
Bagian ini akan membahas tentang perancangan *jig* multiguna berdasarkan batasan masalah yang ada. Berikut adalah tahapan perancangan *jig* multiguna. Tahapan dimulai dengan mengkaji jenis barang (spesimen) yang akan dibuat.

#### A. Perancangan Spesimen

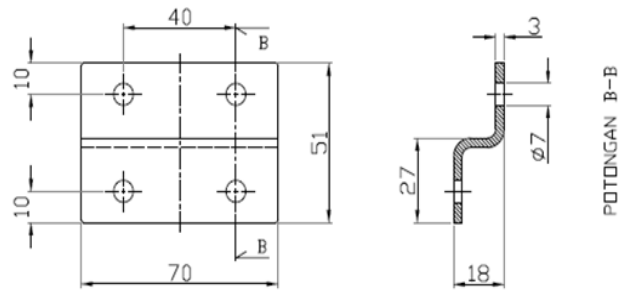
Spesimen yang diuji menggunakan bahan baja jenis *steel plate hot rolled coiled (SPHC)* dengan tebal pelat 3mm.

- **Spesimen 1**

Spesimen ini berbentuk persegi panjang dengan ukuran  $70 \times 20$ mm (Gambar 6). *Jig* multiguna yang digunakan untuk spesimen jenis ini bertujuan untuk melubangi pelat sebanyak 2 lubang dengan jarak antar lubang 40mm.



Gambar 6. Spesimen 1



Gambar 7. Spesimen 2

- **Spesimen 2**

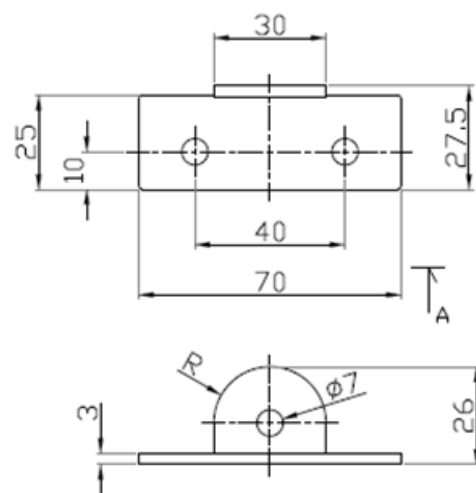
Spesimen ini berbentuk seperti huruf “S”, dengan panjang keseluruhan 70mm dan lebar 51mm. Pelat ini akan dilubangi sebanyak 4 lubang (2 bagian atas dan 2 bagian bawah) dengan jarak yang sama pada kedua bagian. Jarak 2 lubang di setiap bagian adalah 40mm seperti pada Gambar 7.

- **Spesimen 3**

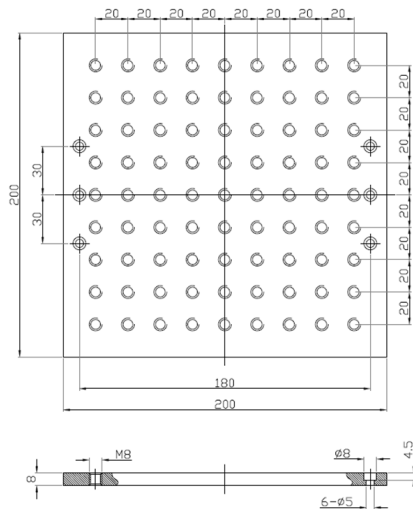
Spesimen 3 memiliki 3 lubang diantaranya 2 pada bagian persegi panjang dan 1 pada bagian setengah lingkaran. Bentuk spesimen dibawah ini harus melalui 2 proses dengan bentuk *jig* yan berbeda, hal ini berfungsi agar meminimalkan waktu produksi dan menghindari terjadinya kesalahan pemasangan (*foolproofing*). Jarak 2 lubang pada bagian persegi panjang adalah 40mm dan 1 lubang di tengah (*center*) dari setengah lingkaran (Gambar 8).

#### B. Perancangan Komponen Jig Multiguna

Dalam pembuatan *jig* multiguna untuk mesin *drill*, terdapat beberapa komponen utama yang digunakan. Berikut adalah komponen-komponen yang terdapat pada *jig* multiguna untuk mesin *drill*.



Gambar 8. Spesimen 3



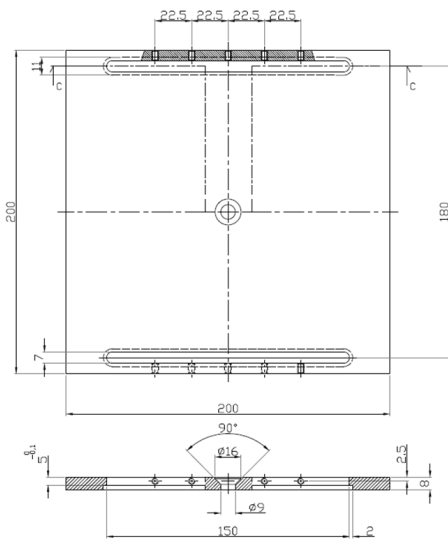
Gambar 9. Modular plate

• **Modular Plate**

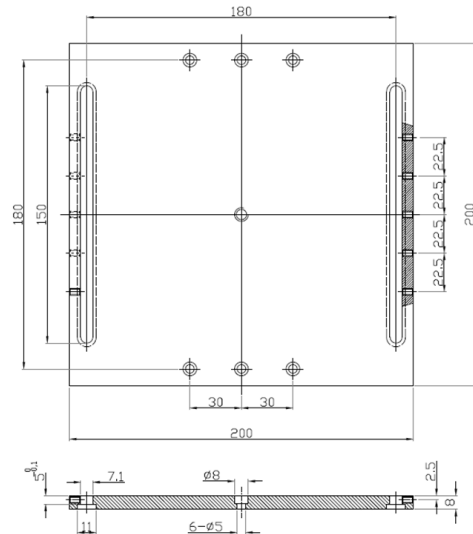
Modular plate adalah pelat yang memiliki lubang diseluruh permukaannya dengan jarak yang sudah ditentukan. Ukuran dan jarak lubang ini disesuaikan dengan bentuk spesimen yang akan dibuat. Pelat ini berfungsi sebagai tempat lokator, dudukan *stripper* (*stripper base*), *stripper plate* dan *spacer plate*. Pelat ini juga merupakan tempat dimana spesimen ditahan agar tidak bergerak selama proses permesinan berlangsung. *Modular plate* ini menggunakan bahan baja S45C. Gambar rancangan *modular plate* dapat dilihat pada Gambar 9.

• **Moving Plate 1**

*Moving Plate* yang pertama adalah pelat yang menghubungkan *jig* multiguna dengan mesin *drill*, dimana letak dari pelat ini berada diantara meja mesin *drill* dengan *moving plate 2*. Pelat ini dikunci kebagian meja mesin menggunakan lubang di tengah agar tidak dapat bergerak dan



Gambar 10. Moving Plate 1



Gambar 11. Moving Plate 2

juga berfungsi sebagai rel untuk *moving plate 2*, sehingga *moving plate 2* dapat bergerak. *Moving plate* ini menggunakan bahan baja S45C (Gambar 10).

• **Moving Plate 2**

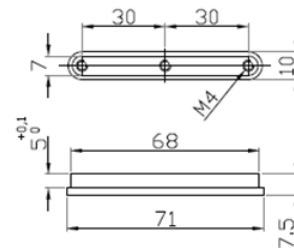
*Moving Plate 2* adalah pelat yang berfungsi sebagai pelat bergerak 2 arah dengan sumbu y. Pelat ini menghubungkan *moving plate 1* dengan *modular plate*. Pelat ini juga berfungsi sebagai rel untuk *modular plate*, sehingga *modular plate* dapat digerakkan (Gambar 11).

• **Guide Plate**

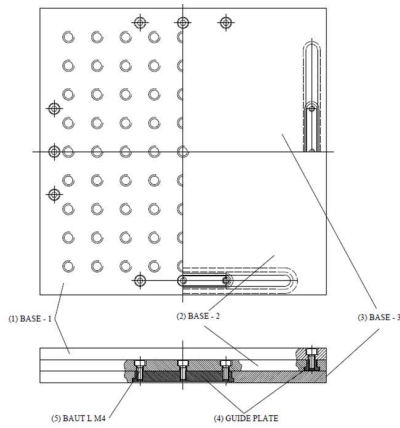
*Guide plate* adalah komponen *jig* dengan material S45C yang berfungsi sebagai roda dalam rel pada kedua *moving plate*. Komponen *jig* ini memiliki dimensi 71 x 10 mm dengan tebal 7,5 mm (Gambar 12). Komponen *jig* ini memiliki suaian longgar (*clearance fit*) agar dapat bergerak dengan baik. Lubang yang terdapat pada komponen ini berdimensi sesuai ukuran baut L M4 dan berfungsi sebagai penghubung dengan pelat yang berada di atasnya.

• **Perancangan Base Plate**

Perancangan *base plate* adalah perancangan yang terdiri dari susunan *moving plate 1*, *moving plate 2* dan *modular plate*. Setiap *moving plate* diberi *guide plate* yang berfungsi sebagai rel agar *jig* multiguna dapat bergerak. Terdapat 3



Gambar 12. Guide Plate



Gambar 13. Base Plate

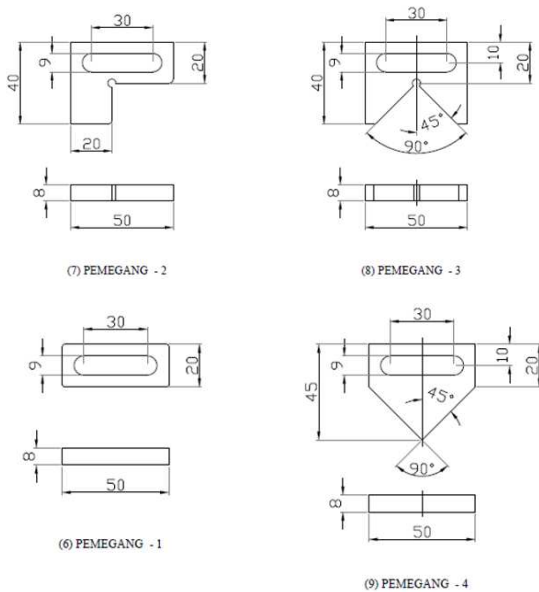
tujuan atas perancangan *base plate* ini, yaitu sebagai penghubung antara mesin *drill* dengan *jig*, sebagai penggerak *jig* dan sebagai tempat untuk meletakkan lokator dan benda kerja. Perancangan *base plate* dapat dilihat pada Gambar 13.

• **Spacer Plate**

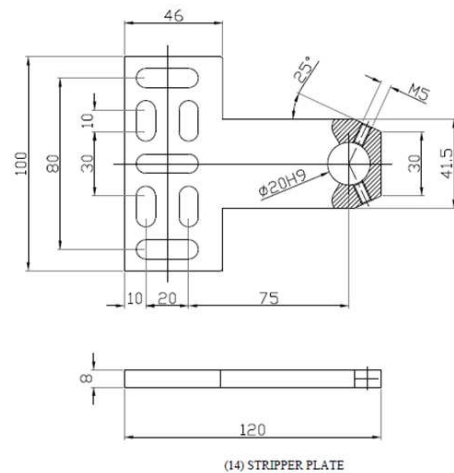
*Spacer plate* memiliki bentuk yang serupa dengan *modular plate* yang berfungsi sebagai tempat pembuangan geram dan mencegah terjadinya kontak *cutting tool* dengan pelat bila *cutting tool* tersebut sudah berhasil melubangi spesimen. *Spacer plate* ini menggunakan bahan baja *SPHC*.

• **Lokator**

Lokator adalah komponen *jig* yang berfungsi untuk menahan benda kerja atau spesimen agar tidak bergerak dan mencegah terjadinya deformasi selama proses permesinan berlangsung. *Jig* multiguna ini memiliki 4 jenis lokator seperti pada Gambar 14 yang berfungsi menahan spesimen. Lokator dapat dibuat secara khusus atau dimodifikasi sesuai dengan bentuk spesimen atau benda kerja yang akan digunakan.



Gambar 14. Lokator



Gambar 15. Stripper Plate

Dengan adanya berbagai jenis macam lokator dan lokator khusus, *jig* multiguna dapat terwujud. Lokator ini menggunakan bahan baja *S45C*.

• **Stripper Base**

*Stripper base* adalah komponen *jig* multiguna berbentuk silinder yang berfungsi untuk menyangga atau menopang *stripper plate*. *Stripper base* ini menggunakan material *S45C* dengan panjang 40mm dan 20mm. Diameter dalam dan luar *stripper base* ini adalah  $\varnothing 9\text{mm}$  dan  $\varnothing 16\text{mm}$ .

• **Stripper Plate**

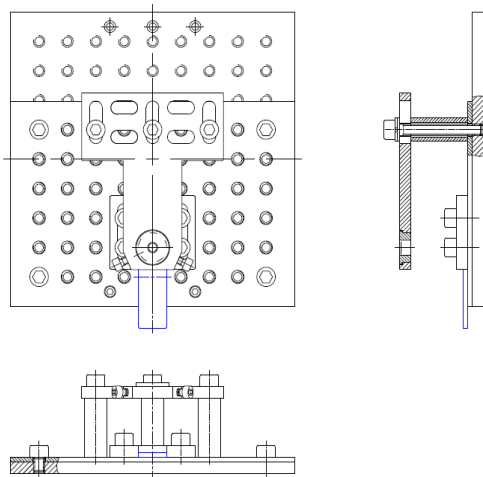
*Stripper Plate* adalah komponen *jig* multiguna yang berfungsi sebagai *stopper* dan tempat *bushing* berada. *Stripper plate* menggunakan material *S45C* memiliki tebal 8mm dan berbentuk seperti huruf “T”. Peletakkan *stripper plate* menjadi lebih fleksibel karena memiliki lubang panjang dengan arah horisontal dan vertikal. Perancangan *stripper plate* terdapat pada Gambar 15.

C. Operasional Jig Multiguna Untuk Tiap Spesimen

Spesimen 1 yang memiliki panjang 70mm dan lebar 20mm akan diberi lubang masing-masing diujung permukaan pelat. Jarak yang menjadi fokus dalam *jig* multiguna pada spesimen 1 adalah jarak antara kedua lubang tersebut, dimana jarak 2 lubang tersebut adalah 40mm.

Spesimen ini diletakkan di atas *modular plate*, lalu diapit oleh 2 lokator berjenis lokator blok dan lokator L, setelah itu dilakukan pemasangan *stripper plate*. *Stripper plate* ini bertujuan untuk mengarahkan mata pahat *drill* pada lokasi yang ingin dilubangi.

Mekanisme penggunaan *jig* multiguna setelah lokator dan *stripper plate* berada diposisi yang benar yaitu dengan meletakkan spesimen tersebut ditengah lokator tersebut. Spesimen diletakkan hingga menyentuh ujung lokator, lalu proses *drill* dapat dilakukan. Gambar perancangan spesimen 1 dapat dilihat pada Gambar 16.



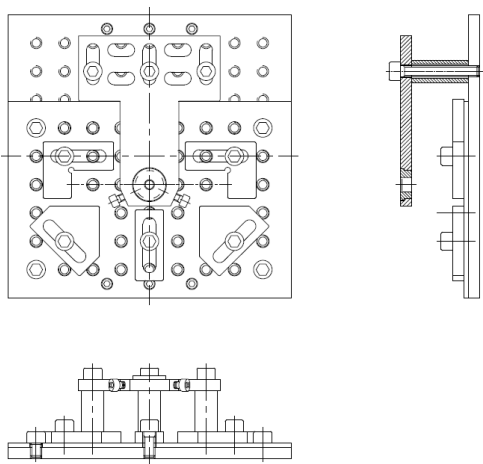
Gambar 16. Penggunaan Jig Multiguna Pada Spesimen 1

Perancangan lokator memiliki dua fungsi yaitu menahan benda kerja sekaligus menjadi rel spesimen itu sendiri, sehingga dalam satu peletakkan, spesimen mampu dilubangi sebanyak dua kali.

Lokator L pada *jig* multiguna di atas berfungsi untuk menahan salah satu ujung siku pada spesimen, lalu lokator blok digunakan untuk menahan bagian atas dan bawah spesimen dimana lokator blok tersebut memiliki pengaruh terbesar pada gaya dan torsi *drill* (Gambar 17). Terakhir adalah penggunaan lokator siku luar yang berfungsi sebagai penahan spesimen sekaligus sebagai rel spesimen tersebut.

**D. Operasional Jig Multiguna Pada Mesin Drill**

Rancang bangun *jig* multiguna ini dapat digunakan pada jenis mesin *drill* manual yang memiliki mejanya sendiri. Mesin yang dapat digunakan oleh *jig* multiguna yaitu mesin *drill* meja, mesin *drill* radial, mesin *drill* vertikal dan mesin *drill* koordinat. Mesin *drill* yang digunakan oleh *jig* multiguna adalah mesin *drill* koordinat 1 *phase*. Spesifikasi dari mesin *drill* 1 *phase* dijabarkan pada Tabel I.



Gambar 17. Penggunaan Jig Multiguna Pada Spesimen 2 dan 3

TABEL I  
SPESIFIKASI MESIN *DRILL* KOORDINAT 1 *PHASE*

<i>Maximum drilling capacity</i>	32mm
<i>Maximum end milling capacity</i>	20mm
<i>Table size</i>	736 × 210mm
<i>No. of tee slots</i>	3
<i>Longitudinal traverse</i>	508mm
<i>Cross traverse</i>	203mm
<i>Distance spindle to table</i>	480mm
<i>Throat</i>	210mm
<i>Spindle taper</i>	3MT
<i>Spindle stroke</i>	130mm
<i>Number of speeds</i>	12
<i>Speed range</i>	100-2150 rpm
<i>Motor</i>	1.1kw (1100w)
<i>Power supply</i>	240v
<i>Dimensions W × D × H</i>	1067 × 1016 × 1078mm

Pada percobaan spesimen atau benda kerja *jig* multiguna, kecepatan *spindle* yang digunakan adalah 425 RPM.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas keamanan serta kekuatan rancangan berdasarkan perhitungan, perwujudan *jig* multiguna spesimen 1, 2 dan 3, serta hasil pengujian *jig* multiguna. (catatan : perhitungan menggunakan spesimen 1)

A. Kekuatan dan Keamanan Desain Jig Multiguna

• **Perhitungan Proses Drilling**

Dalam perhitungan proses *drilling*, terdapat beberapa data yang harus diketahui. Data-data yang telah diketahui antara lain:

- Kecepatan *spindle* (*n*): 425 RPM
- Diameter pahat (*d*) : 7mm
- Tebal pelat (*l*) : 3mm
- Panjang perjalanan mata pahat (*L*)

$$L = l + 0,3d \tag{1}$$

$$L = 3 + (0,3 \times 7) = 5,1mm$$

Sudut mata pahat (*point angle*) ditentukan sebesar 135° maka (*Kr*) dapat ditentukan pada persamaan (2).

$$Kr = \frac{1}{2} \times \text{point angle} \tag{2}$$

$$\frac{1}{2} \times 135^\circ = 67,5^\circ$$

Kecepatan potong diketahui dengan menggunakan persamaan (3).

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad (3)$$

$$V_c = \frac{3,14 \times 7\text{mm} \times 425\text{ RPM}}{1000}$$

$$V_c = 9,3415 \text{ m/min}$$

Waktu proses permesinan dapat diketahui dengan persamaan (4) dan perhitungan di bawah ini.

$$tm = \frac{L}{Sr \times n} \quad (4)$$

$$tm = \frac{5,1 \text{ mm}}{0,1 \text{ mm/rev} \times 425 \text{ RPM}}$$

$$tm = 7,2 \text{ s per 1 lubang}$$

Perhitungan pada mesin *drill* ini bertujuan untuk mengetahui gaya makan ( $F_t$ ) dan torsi ( $M_c$ ) yang terjadi. Gaya makan dan torsi membutuhkan data *specific cutting force* ( $K_c$ ) sesuai material mata pahat dan daya bersih ( $P_c$ ) agar perhitungan dapat dilakukan. Perhitungan untuk mencari gaya makan dan torsi dijabarkan pada persamaan (5) dan perhitungan dibawah ini.

$$P_c = \frac{Sr \times V_c \times d \times K_c}{240 \times 10^3} \quad (5)$$

$$P_c = \frac{0,1 \text{ mm/rev} \times 9,3415 \text{ m/min} \times 7\text{mm} \times 3040 \text{ N/mm}^2}{240 \times 10^3}$$

$$P_c = 0,083 \text{ kW}$$

Setelah daya bersih pada mesin *drill* diketahui dan sesuai berdasarkan data yang telah ada, maka selanjutnya dilakukan perhitungan gaya makan dan torsi berdasarkan persamaan (6) dan (7).

$$F_t = 0,5 \times K_c \times \frac{d}{2} \times Sr \times \text{Sin}Kr \quad (6)$$

$$F_t = 0,5 \times 3040 \text{ N/mm}^2 \times \frac{7\text{mm}}{2} \times 0,1 \text{ mm/rev} \times \text{Sin}67,5^\circ$$

$$F_t = 491,5 \text{ N}$$

Torsi dihitung :

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \quad (7)$$

$$M_c = \frac{0,083 \text{ kW} \times 30 \times 10^3}{3,14 \times 425 \text{ RPM}}$$

$$M_c = 1,866 \text{ Nm}$$

Dengan demikian torsi yang dihasilkan oleh mesin *drill* dengan spesifikasi dan perhitungan diatas adalah  $M_c = 1,866 \text{ Nm}$ . Arah dan hasil dari  $P_c$ ,  $F_t$  dan  $M_c$  dapat dilihat pada Gambar 18.

#### • Perhitungan Tegangan Spesimen

Gaya *drill* memiliki arah ke bawah, sehingga gaya *drill* yang berkerja pada baut adalah nol ( $F_t = 0 \text{ N}$ ), sedangkan torsi yang bekerja pada *drill* mempengaruhi tegangan yang terjadi pada baut. Perhitungan gaya pusat ( $F_p$ ) yang terjadi mengikuti persamaan (8).

$$F_p = \frac{\tau (M_c)}{D_{Fp}} \quad (8)$$

$$F_p = \frac{1866 \text{ Nmm}}{7,5 \text{ mm}}$$

$$F_p = 248,8 \text{ N}$$

Setelah gaya pusat diketahui, selanjutnya adalah mencari tegangan geser yang terjadi pada baut. Persamaan tegangan geser pada baut dijabarkan pada persamaan (9),

$$\sigma_{baut} = \frac{F_p}{A_{baut}} \quad (9)$$

Perhitungan tegangan baut menggunakan diameter inti ( $d_1$ ) baut, yaitu diameter ulir dalam. Dalam hal diameter ulir dalam pada baut 7mm, besarnya adalah  $d_1 = 6,647 \text{ mm}$ . Selanjutnya perhitungan tegangan geser pada baut dapat mengikuti persamaan (10)

$$\sigma_{baut} = \frac{248,8 \text{ N}}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times d^2} \quad (10)$$

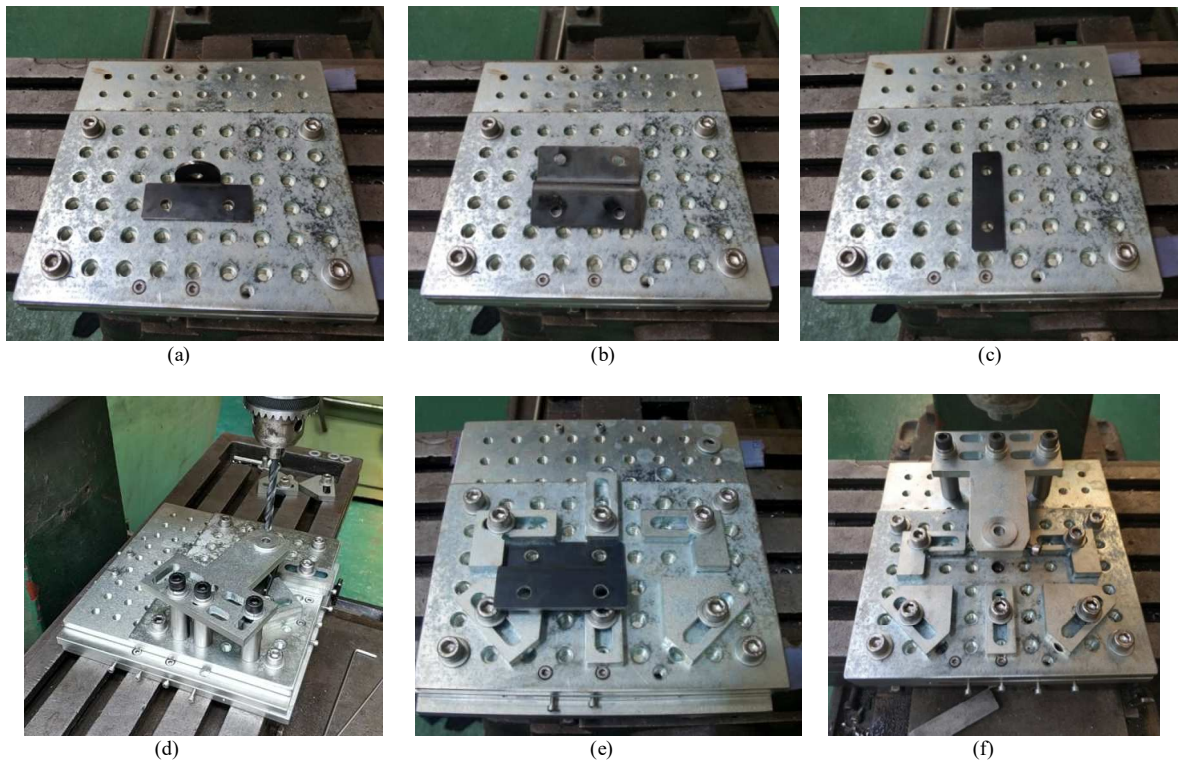
$$\sigma_{baut} = \frac{4 \times 248,8 \text{ N}}{3,14 \times (6,647 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_{baut} = 7,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{baut} = 7,17 \text{ MPa}$$

Jika hasil tegangan geser baut menggunakan *safety of factor* ( $SoF$ ) adalah 7, maka tegangan geser yang dihasilkan baut berdasarkan persamaan (11) adalah,

$$\begin{aligned} SoF \sigma_{baut} &= 7 \times \sigma_{baut} \\ SoF \sigma_{baut} &= 7 \times 7,17 \text{ MPa} \\ SoF \sigma_{baut} &= 50,2 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (10)$$



Gambar 18. (a) Spesimen 1 (b) Spesimen 2 (c) Spesimen 3  
 (d) Proses *drilling* Pada Spesimen 1  
 (e) Jig Multiguna Pada Spesimen 2  
 (f) Jig Multiguna Pada Spesimen 3

Baut yang digunakan pada lokator adalah jenis baut kelas 8.8, oleh karena itu berdasarkan standar ISO 898-1 Gr.838, tegangan yang dapat diterima pada baut M8 adalah 800MPa.

penggunaan jig multiguna pada spesimen ini adalah jarak “X”. Jarak “X” adalah jarak antara 2 lubang sebesar 40mm. Tabel 2 adalah data hasil uji dan grafik spesimen pertama.

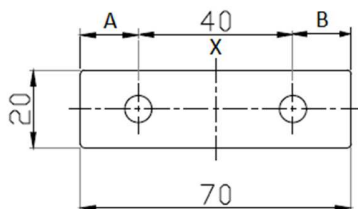
$$SoF \sigma_{baut} \leq Standard \sigma_{baut} \quad (11)$$

$$50,2 MPa \leq 800 MPa$$

Tegangan geser yang terjadi pada baut A lebih kecil dari kekuatan baut itu sendiri, sehingga rancangan *jig* multiguna pada spesimen 1 aman dan dapat diterapkan.

**B. Eksperimen Penggunaan Jig Multiguna**

Pertama kali, jig multiguna digunakan pada proses *drilling* untuk spesimen pertama yang memiliki bentuk pelat persegi panjang dengan tebal 3mm, acuan keberhasilan dari

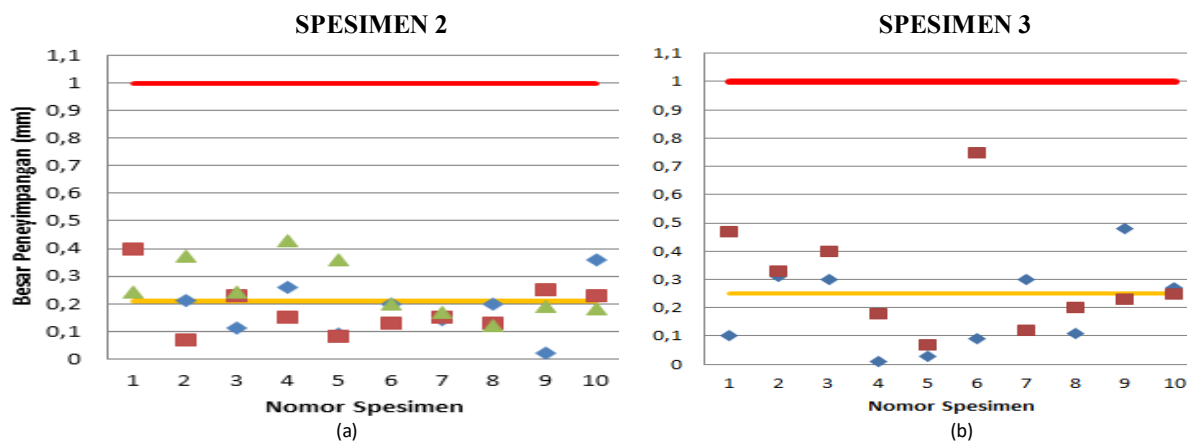


Gambar 19. Parameter Acuan Eksperimen Pada Spesimen 1

TABEL II  
 HASIL EKSPERIMEN PADA SPESIMEN PERTAMA

Spesimen 1	$P_{akt}$	$L_{akt}$	$A_{akt}$	$B_{akt}$	$X_{akt}$
No	Panjang	Lebar			
1	69,75	19,77	14,83	14,86	39,86
2	69,75	19,77	14,74	14,63	40,28
3	69,8	19,73	14,61	14,69	40,35
4	69,78	19,81	14,7	14,64	40,31
5	69,79	19,79	14,5	10,97	44
6	69,82	19,78	14,75	14,8	40,33
7	69,79	19,79	14,7	14,81	40,19
8	69,77	19,77	14,87	14,88	40,05
9	69,77	19,73	14,87	14,91	40,01
10	69,78	19,75	14,61	14,73	39,72
11	69,74	19,76	14,69	14,7	40,37
12	69,76	19,75	14,83	14,78	40,04





Gambar 20. Grafik Penyimpangan Parameter Acuan Pada Specimen (a) 2 dan (b) 3

Pada eksperimen kedua, diambil dua parameter acuan berupa “X” dan “Y”. Jenis spesimen kedua memiliki bentuk seperti huruf “S” dengan sisi berbentuk persegi panjang. Sisi atas dan bawah spesimen ini memiliki masing-masing 2 lubang dengan jarak antar lubang setiap sisi adalah 40mm. Tabel 3 adalah tabel data hasil uji dan grafik spesimen kedua.

Jenis spesimen ketiga memiliki bentuk persegi panjang dan juga setengah lingkaran dalam satu spesimen. Pada bentuk persegi panjang terdapat 2 lubang dengan jarak 40mm dan pada bentuk setengah lingkaran berukuran jari-jari 15mm, memiliki lubang pada bagian tengah (*center*). Berikut adalah tabel data hasil uji dan grafik spesimen ketiga.

### C. Analisa Keseragaman Hasil Proses Jig Multiguna Pada Tiap Spesimen

Analisa keseragaman jenis spesimen pertama memiliki penyimpangan terbesar dengan nilai 4 mm, hal ini dikarenakan dalam proses pengujian spesimen terdapat sisa gram yang menempel diujung lokator. Walaupun memiliki penyimpangan terbesar, penyimpangan spesimen lainnya tidak melebihi 0,5 mm. Rata-rata yang didapatkan memiliki nilai yang lebih besar dari nilai penyimpangan lainnya, rata-rata yang didapatkan jenis spesimen pertama adalah 0,635 mm

Analisa keseragaman jenis spesimen kedua memiliki penyimpangan yang tidak melebihi batas toleransi. Penyimpangan terbesar terdapat pada jarak “Y” dengan spesimen nomor 6, yaitu sebesar 0,75mm. Rata-rata penyimpangan yang dimiliki oleh jenis spesimen 2 adalah 0,25mm.

Analisa keseragaman jenis spesimen ketiga memiliki nilai rata-rata penyimpangan yang paling kecil, yaitu sebesar 0,21 mm. Nilai penyimpangan yang didapat tidak ada yang melebihi batas toleransi, dan nilai penyimpangan terbesar terdapat pada jarak “D” spesimen nomor 4, yaitu sebesar 0,43 mm.

Analisa keseluruhan dari data dan grafik ini yaitu keberhasilan penggunaan *jig* multiguna mencapai 96,875%, dimana dari total 32 spesimen, spesimen yang dapat diterima adalah 31.

## V. SIMPULAN

Setelah melakukan proses perancangan, perhitungan, pengujian, dan evaluasi maka dapat disimpulkan bahwa rancang bangun *jig* multiguna untuk mesin *drill* telah berhasil dirancang dan diwujudkan. Dari hasil eksperimen yang dilakukan, penggunaan *jig* multiguna diperkirakan sudah mampu untuk memproduksi dengan tiga jenis spesimen yang berbeda bentuk. Melalui analisa kekuatan dan keamanan, desain *jig* multiguna sangat aman dari tegangan geser yang diterima. Tegangan geser yang terjadi jauh lebih kecil dari kekuatan yang dimiliki baut itu sendiri yaitu  $50,2 \text{ MPa} \leq 800 \text{ MPa}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Joshi, P. H., “Jigs and Fixtures Design Manual”, 2nd Edition, McGraw-Hill. United States of America, 2003.
- [2] Ganesan, V., “Internal Combustion Engine”, 2nd Ed., Tata India McGraw-Hill Education, India, 2004.
- [3] Hoffman, E. G., “Jig and Fixtures Design”, 4th Edition, Delmar Publisher, 1996.
- [4] Chou, *et. al.*, “A Mathematical Approach to Automatic Configuration of Machining Fixture: Analysis and Synthesis”, Transaction of the ASME. Journal of Engineering for Industry, 1989.
- [5] Henriksen, E. K., “Jigs and Fixtures Design Manual”, Industrial Press Inc, New York, United States, 1976.