

RANCANGAN JIG & FIXTURE UNTUK PROSES PRODUKSI GEAR BELAKANG SEPEDA MOTOR YAMAHA

Hendro Prassetiyo, Harsono Taroepratjeka, Jouathan Felix
Jurusan Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Nasional
Jl. PHH Mustafa No. 23 Bandung
Email: hprassetiyo@itenas.ac.id, hprassetiyo@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan industri manufaktur di Indonesia saat ini berkembang sangat pesat didukung dengan berkembangnya teknologi dalam bidang manufaktur. Berkembangnya industri manufaktur mengakibatkan peningkatan keinginan konsumen terhadap kualitas dari produk yang dihasilkan. Kualitas produk yang baik dapat diperoleh salah satunya dengan penggunaan alat bantu produksi (jig & fixture) dalam suatu proses produksi. Makalah ini memaparkan perancangan jig & fixture yang digunakan untuk pembuatan produk gear belakang (rear sprocket) motor Yamaha yang diproduksi oleh industri kecil. Perancangan dilakukan dengan menganalisa urutan proses yang sering mengalami ketidakpresisian. Hasil rancangan menunjukkan bahwa Jig & Fixture yang dibuat dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas produk yang dihasilkan.

Kata kunci: replikasi produk, jig, fixture, gear belakang

1. Pendahuluan

Perkembangan industri manufaktur di Indonesia saat ini berkembang sangat pesat didukung dengan berkembangnya teknologi dalam bidang manufaktur. Industri manufaktur terutama yang bergerak dalam bidang replikasi produk saat ini menjadi salah satu pusat perkembangan industri manufaktur. Berkembangnya industri manufaktur mengakibatkan peningkatan keinginan konsumen terhadap kualitas dari produk yang dihasilkan. Peningkatan kualitas produk dapat dicapai salah satunya dengan penggunaan alat bantu (jig & fixture) terhadap suatu proses produksi.

Perusahaan manufaktur yang bergerak dalam replikasi produk salah satunya adalah perusahaan yang memproduksi *spare part* kendaraan bermotor. Pada saat ini, kendaraan bermotor yang cukup banyak beredar di masyarakat adalah kendaraan dengan merek dagang Yamaha. Besarnya angka penggunaan kendaraan bermotor dengan merek dagang Yamaha ini mengakibatkan kebutuhan akan *spare part* kendaraan ini pun meningkat. Pasar Indonesia merupakan pasar yang dipenuhi dengan produk lokal (hasil produksi dari para produsen selain Yamaha) dan produk asli (hasil produksi dari produsen Yamaha). Produk lokal yang beredar dipasaran Indonesia berjenis sangat banyak, dengan perbedaan harga dan kualitas yang beragam.

Salah satu produk *part* kendaraan bermotor tersebut adalah gear belakang belakang (*rear sprocket*) kendaraan bermotor roda dua untuk kendaraan bermerek dagang Yamaha. Saat ini banyak sekali produsen yang memproduksi *part* kendaraan bermotor ini, baik industri kecil maupun industri besar. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di beberapa bengkel motor yang ada di kawasan Kota Bandung, banyak ditemukan *spare part gear* belakang dengan kualitas yang kurang presisi. Ketidakpresisian yang sering dikeluhkan konsumen adalah posisi dan ukuran lubang tengah dan lubang baut yang tidak berada tepat ditengah atau pada tempatnya. Kondisi ini menyebabkan rantai penggerak roda belakang menjadi mengencang dan melonggar lebih dari yang seharusnya sehingga dapat menyebabkan kecelakaan dan kerusakan pada rantai kendaraan bermotor. Keluhan konsumen ini berakibat produk dari beberapa produsen terutama industri kecil jadi kalah bersaing dengan produk dari industri besar.

Pada industri kecil, ketidakpresisian biasanya terjadi karena penggunaan mesin manual dibandingkan dengan industri besar yang sudah menggunakan mesin CNC. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk memperbaiki ketidakpresisian tersebut adalah dengan merancang suatu alat bantu produksi (jig & fixture). Penggunaan Jig & Fixture diharapkan dapat membantu operator dalam memposisikan pada posisi yang tepat (*foolproof*), sehingga kualitas dan produktivitas produksi dapat meningkat. Makalah ini akan membahas perancangan Jig & Fixture yang akan

digunakan dalam proses pembuatan *gear* belakang sepeda motor Yamaha. *Jig & Fixture* yang dirancang adalah alat bantu produksi untuk mesin manual, yaitu Mesin Milling.

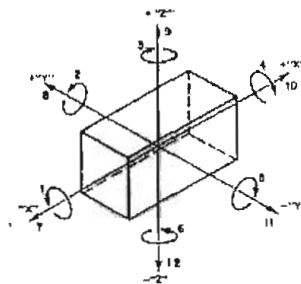
2. Pendekatan pemecahan masalah

Menurut Hoffman (1996) *Jig & Fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan pada proses manufaktur sehingga dihasilkan duplikasi *part* yang akurat. Hubungan yang tepat dan sejajar antara pemotong, atau alat yang lain, dan benda kerja harus dijaga. Untuk melakukannya sebuah *Jig* atau *Fixture* didesain dan dibangun untuk menahan, menopang dan memposisikan setiap bagian untuk memastikan bahwa proses pemesinan dilakukan dengan akurat dan presisi. *Jig* adalah peralatan khusus yang berfungsi untuk menahan dan menopang benda kerja, yang akan mengalami proses pemesinan. *Jig* tidak hanya menahan dan menopang benda kerja, tetapi juga mengarahkan alat pemotong ketika proses produksi dilakukan. *Jig* biasanya terbuat dari *hardened steel*, untuk memandu proses *drilling* atau alat pemotong lainnya. *Fixture* adalah peralatan yang berfungsi untuk menahan benda kerja dan mendukung pekerjaan sehingga operasi pemesinan dapat dilakukan. Set blok dan pengukur atau alat pengukur ketebalan digunakan bersama dengan *Fixture* untuk mengarahkan pemotong kepada benda kerja. Sebuah *Fixture* harus dikunci erat pada mesin yang akan digunakan. Walaupun lebih banyak digunakan pada mesin *milling*, *Fixture* juga dirancang untuk menahan benda kerja untuk operasi yang beragam pada peralatan mesin standar.

2.1 Prinsip Rancangan Perkakas Pemegang

Rong dan Zhu (1999) dalam Ahmad Rizki (2003) menyatakan bahwa sebuah benda kerja terdiri dari beberapa permukaan bidang (*surface*). Pada penggunaan sebuah *fixture*, proses penempatan (*locating*) adalah proses penempatan beberapa permukaan benda kerja hingga bersentuhan dengan lokator-lokator, yang kemudian dilanjutkan dengan proses pengecaman (*clamping*) benda kerja sehingga benda kerja stabil selama proses pemesinan. Permukaan-permukaan benda kerja yang bersentuhan dengan lokator tersebut disebut sebagai *locating-surface*.

Pada sebuah benda kerja terdapat 6 derajat kebebasan (*degree of freedom*) pergerakan, yaitu pergerakan linear searah atau berlawanan arah dengan sumbu X, Y, dan Z serta pergerakan rotasi terhadap sumbu X, Y, dan Z searah atau berlawanan dengan jarum jam, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Derajat Kebebasan Benda Kerja (12 Gaya)

Menurut Zhu (1982) dalam Ahmad Rizki (2003) berdasarkan prinsip kinematik, diperlukan 6 titik kontak dengan benda kerja agar derajat kebebasannya terbatas secara penuh. Rong dan Zhu (1999) dalam Ahmad Rizki (2003) menyatakan bahwa pada masing-masing titik kontak dipasang lokator yang akan menahan pergerakan benda kerja. Keenam titik kontak atau titik lokator tersebut diletakkan pada 3 bidang yang saling tegak lurus, yaitu:

1. Tiga lokator diletakkan pada bidang dasar (bidang X-Y) sehingga membatasi derajat kebebasan linear pada arah sumbu Z dan derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu X, dan Y. Bidang ini disebut sebagai bidang lokator utama (*Primary locating surface*).
2. Dua lokator diletakkan pada bidang yang tegak lurus bidang lokator primer, yaitu bidang X-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu Y dan derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu Z. Bidang ini disebut sebagai bidang lokator sekunder (*secunder locating surface*).

- Satu lokator diletakkan pada bidang yang tegak lurus bidang lokator primer dan bidang lokator sekunder, yaitu bidang Y-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu X.

2.2 Penentuan Besar Gaya Pengekaman yang Harus Diberikan

Carr Lane Roemheld Mfg (1987) dalam Ahmad Rizki (2003) menyatakan bahwa suatu pendekatan dalam menentukan besarnya gaya pengekaman yang harus diberikan pada benda kerja dapat ditentukan berdasarkan besarnya gaya pemesinan terbesar yang akan terjadi selama pengekaman berlangsung. Perhitungan sederhana dapat dilakukan dengan menganggap gaya pemotongan oleh mesin bekerja seluruhnya pada arah horizontal dan benda kerja dapat ditahan secara stabil dengan hanya memanfaatkan gaya gesek. Rumus perhitungan gaya pengekaman tersebut dapat dilihat pada persamaan (1).

$$\text{Gaya Pengekaman (Clamping Force)} = \frac{\text{Cutting Force} \times \text{faktor keamanan}}{\text{koefisien gesek statis}} \dots\dots\dots (1)$$

Jardine (1997) dalam Ahmad Rizki 2003 menyatakan bahwa *Cutting force* (gaya potong) mesin ditentukan oleh parameter-parameter pemesinan yang digunakan. Dalam setiap proses pemesinan terdapat 3 parameter yang harus ditetapkan nilainya, yaitu:

- Kedalaman potong (*depth of cut*)
- Kecepatan spindle
- Kecepatan makan (*feed rate*)

2.3. Prinsip Kestimbangan Gaya Pada Benda Kerja yang Ditahan Fixture

Chou (1989) dalam Ahmad Rizki (2003) menyatakan hubungan antara gaya pengekaman, gaya reaksi pada lokator, dan gaya pemesinan dapat dinyatakan oleh persamaan (2).

$$\sum_{i \in P} f_i \cdot w_i + \sum_{j \in A} f_j \cdot w_j + f_k \cdot w_k = 0 \dots\dots\dots (2)$$

untuk semua k

dimana:

- w_i = Arah gaya (*colom wrench*) yang bekerja pada locator ke- i
- w_j = Arah gaya yang bekerja pada *clamp* ke- j
- w_k = Arah gaya pemotongan k
- f_i = Besarnya gaya (*colom wrench*) yang bekerja pada kolom ke- i
- f_j = Besarnya gaya yang bekerja pada *clamp* ke- j
- f_k = Besarnya gaya pemotongan k
- P = Set seluruh lokator
- A = Set seluruh *clamp*
- K = *Subscript* gaya potong

Persamaan (2) dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$(W_p \cdot W_a) \begin{pmatrix} F_p \\ F_a \end{pmatrix} + f_k \cdot w_k = (0) \dots\dots\dots (3)$$

atau

$$W_p \cdot F_p + W_a \cdot F_a + f_k \cdot w_k = 0 \text{ untuk semua } k \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

- 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 momen terhadap sumbu X , Y , dan Z (m_x, m_y, m_z).

Dengan menghilangkan matriks W_p pada baris sebelah kiri dari persamaan (3) maka gaya reaksi di lokator (F_p) dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_p = -W_p^{-1} \cdot W_a F_a - W_p^{-1} w_k f_k \quad \dots\dots\dots (5)$$

Persamaan (5) ini harus menghasilkan solusi non-negatif untuk F_p , yang artinya setiap lokator memiliki kontak dengan benda kerja.

Menurut Chou, penyusunan invers dari matriks W_p dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W_p = \begin{pmatrix} A & O \\ T & B \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (6)$$

dan

$$W_p^{-1} = \begin{pmatrix} A^{-1} & O \\ -B^{-1}T \cdot A^{-1} & B^{-1} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Pada tahap penempatan (*locating stage*), benda kerja didorong oleh gaya luar, yaitu gaya penempatan f_i , pada arah yang berlawanan dengan arah gaya lokator (w_i). Pada tahap ini benda kerja belum dicekam sehingga belum ada gaya pencekaman. Persamaan (5) dapat dituliskan menjadi:

$$W_p F_p = -w_i f_i \quad \text{atau} \quad F_p = -W_p^{-1} w_i f_i \quad \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

w_i = Arah gaya penempatan

f_i = Besar gaya penempatan

Persamaan (8) harus menghasilkan solusi non-negatif untuk F_p , yang artinya setiap lokator memiliki kontak dengan benda kerja.

Pada tahap pencekaman (*clamping stage*), gaya luar (f_i) sudah tidak bekerja lagi sedangkan gaya pemesanan belum bekerja, sehingga persamaan yang berlaku adalah:

$$F_p = -W_p^{-1} \cdot W_a F_a \quad \dots\dots\dots (9)$$

Persamaan (9) harus menghasilkan solusi non-negatif untuk F_p , yang artinya setiap lokator memiliki kontak dengan benda kerja.

Pada tahap pemesanan, gaya potong dan gaya pencekaman bekerja pada benda kerja, sehingga persamaan yang berlaku adalah:

$$F_p = \sum_{i \in A} f_i H_i + f_k H_k \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

f_i = Komponen dari F_o

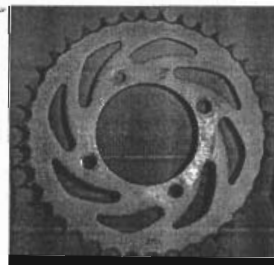
$H_i = -W_p^{-1} W_i$

A = set dari elemen aktif (*clamp*)

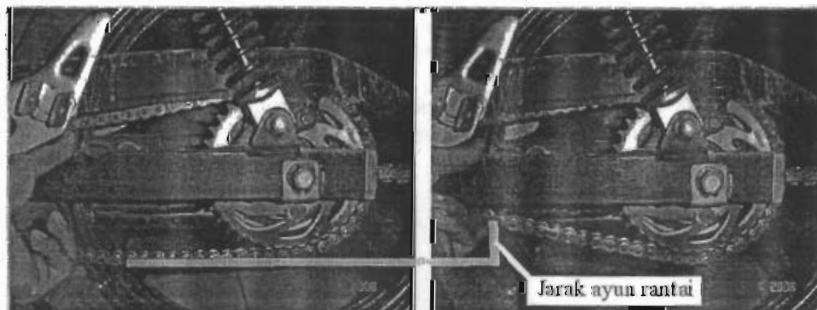
Persamaan (10) harus menghasilkan solusi non-negatif untuk F_p , yang artinya setiap lokator memiliki kontak dengan benda kerja.

3. Perancangan Jig & Fixture

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di beberapa bengkel yang ada di kawasan Kota Bandung, diperoleh data bahwa dari 20 buah *gear* belakang Yamaha terdapat 12 *gear* memiliki posisi dari lubang tengah, lubang baut, diameter lubang baut dan diameter lubang tengah yang tidak presisi. Kondisi ini menyebabkan jarak ayun rantai terlalu jauh sehingga rantai dapat keluar dari *gear* (pada jarak sisi luar *gear* terdekat) dan rantai terlalu kencang (pada jarak sisi luar *gear* terjauh). Contoh *gear* belakang motor Yamaha yang diamati dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan pengaruh lubang terhadap jarak ayun dapat dilihat pada Gambar 3. Pada kecepatan tinggi posisi *gear* dapat berubah sehingga dapat menyebabkan kecelakaan. Ketidakpresisian terjadi karena pada umumnya produsen yang memproduksi *gear* belakang motor Yamaha merupakan perusahaan skala kecil yang banyak menggunakan mesin produksi konvensional. Untuk mengantisipasi terjadinya ketidakpresisian dan ketidakakuratan pada proses pemesinan, salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan merancang *Jig & Fixture* yang dirancang adalah alat bantu produksi yang digunakan untuk proses *drilling* lubang tengah dan lubang baut *gear* belakang motor Yamaha.



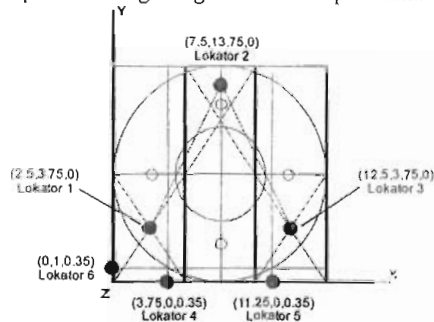
Gambar 2. *Gear* belakang motor Yamaha



Gambar 3. Jarak Ayun Rantai

3.1 Penentuan Posisi Lokator (*Locating, Supporting dan Clamping*)

Penentuan titik-titik lokator dalam perancangan *Jig & Fixture* ini menggunakan metoda 3-2-1. Rancangan *Jig & Fixture* menggunakan dua buah V-blok yang berfungsi ganda yaitu melakukan pencekaman terhadap benda kerja dan memposisikan benda kerja. Dari posisi V-blok yang digunakan maka dihasilkan titik-titik yang menjadi pengganti fungsi lokator. V-blok yang berfungsi sebagai pencekam diletakan berhadapan dengan V-blok yang berfungsi sebagai lokator, sehingga terdapat 4 titik yang bersentuhan secara langsung antara benda kerja dengan V-blok. Posisi titik-titik lokator pada rancangan *Jig & Fixture* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Gambar Titik-titik Koordinat dari Titik-titik Lokator 1-6

3.2 Pengujian Posisi Lokator

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian apakah terjadi kontak antara benda kerja dengan lokator selama tahap penempatan, pencekaman dan pemesinan. Pada tahap penempatan setiap lokator diuji apakah terjadi kontak dan bekerja antara benda kerja dengan lokator selama tahap penempatan ini. Nilai W_p , W_l dan F_l yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$W_p = \begin{vmatrix} nx & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ ny & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ mz & 0 & 0 & 0 & 3.75 & 11.25 & -1 \\ nx & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ mx & 3.75 & 13.75 & 3.75 & -0.35 & -0.35 & 0 \\ my & -2.50 & -7.50 & -12.5 & 0 & 0 & 0.35 \end{vmatrix} ; W_l = \begin{vmatrix} nx & 0 & 0 & -1 \\ ny & -1 & 0 & 0 \\ mz & -7.5 & 0 & 7.5 \\ nx & 0 & -1 & 0 \\ mx & 0.35 & -7.5 & 0 \\ my & 0 & 7.5 & -0.35 \end{vmatrix} ; F_l = \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan (8) diperoleh nilai F_p yang non negatif berarti terjadi kontak antara lokator dan benda kerja selama proses penempatan.

Pada tahap pencekaman, besar gaya pencekaman yang digunakan adalah 28411,32202 Newton. Parameter yang digunakan pada tahap pencekaman adalah sebagai berikut:

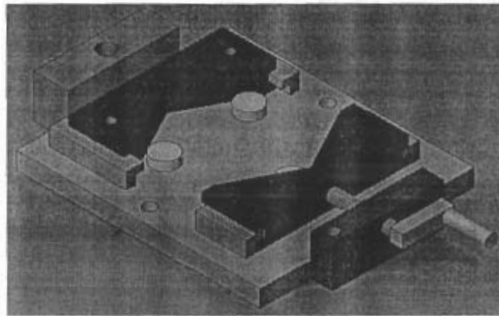
$$W_a = \begin{vmatrix} nx & 0 & 0 \\ ny & -1 & 0 \\ mz & -3.75 & 0 \\ nx & 0 & -1 \\ mx & 0.35 & -7.5 \\ my & 0 & -7.5 \end{vmatrix} ; W_a = \begin{vmatrix} nx & 0 & 0 \\ ny & -1 & 0 \\ mz & -11.25 & 0 \\ nx & 0 & -1 \\ mx & 0.35 & -7.5 \\ my & 0 & -7.5 \end{vmatrix} ; F_a = \begin{vmatrix} 28411,3 \\ 9,2 \end{vmatrix} ; F_a = \begin{vmatrix} 28411,3 \\ 9,2 \end{vmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan (9) diperoleh nilai F_p yang non negatif berarti terjadi kontak antara lokator dan benda kerja selama proses pengecaman.

Pengujian terakhir dari *fixture* yang dirancang adalah pengujian pada tahap pemesinan. Parameter yang digunakan pada tahap pemesinan adalah sebagai berikut:

$$W_k = \begin{matrix} rx \\ ny \\ mz \\ rz \\ mx \\ my \end{matrix} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ -7.5 \\ 7.5 \end{vmatrix} ; f_k = |2685.6| ; F_a = \begin{vmatrix} 28411,3 \\ 9,2 \end{vmatrix} ; F_a = \begin{vmatrix} 28411,3 \\ 9,2 \end{vmatrix}$$

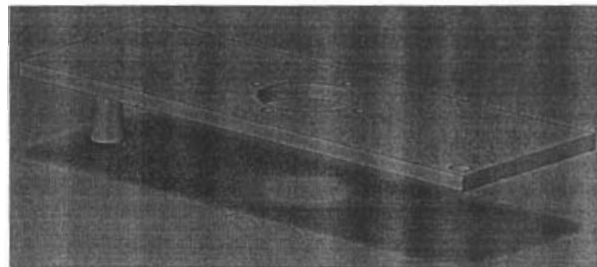
Dengan menggunakan persamaan (10) diperoleh nilai F_p yang non negatif berarti terjadi kontak antara lokator dan benda kerja selama proses pengecaman. Berdasarkan ketiga pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *fixture* yang dirancang dapat digunakan sebagai alat bantu produksi pembuatan *gear* belakang sepeda motor Yamaha. Rancangan *fixture* yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancangan *fixture*

3.3 Perancangan Jig

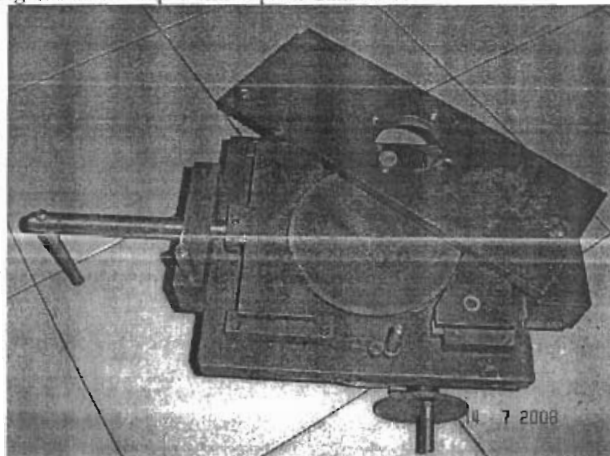
Jig yang dirancang adalah *drill jig* yang digunakan untuk proses *drilling* pembuatan lubang tengah dan 4 buah lubang baur, dimana pengerjaannya dilakukan pada mesin *milling* vertikal. *Jig* yang dibuat terpasang sebagai satu kesatuan dengan *fixture* yang dirancang. Desain *jig* yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan *jig*

3.4 Hasil Rancangan Jig & Fixture

Hasil rancangan *Jig & Fixture* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rancangan *Jig & Fixture*

4. Analisis Hasil Perancangan

Pada tahap ini akan dilakukan perbandingan antara proses pembuatan *gear* belakang Yamaha dengan menggunakan *Jig & Fixture* dan tanpa menggunakan *Jig & Fixture*.

4.1 Analisis Akurasi Proses Produksi yang Dihasilkan dengan Menggunakan Alat Bantu Produksi

Proses pembuatan *gear* belakang dengan menggunakan *Jig* dan *Fixture* menghasilkan produk dengan kepresisian dan keakurasian yang baik sesuai dengan spesifikasi serta toleransi yang diberikan. Hasil pengerjaan dengan menggunakan alat bantu *Jig* dan *Fixture* menghasilkan nilai pengukuran dimensi lubang terhadap 4 produk yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran

Benda Kerja	Diameter Lubang Tengah (mm)	Diameter Lubang Baut (mm)	Jarak antar lubang baut (mm)
BK1	64	8	81
BK2	64	8	81
BK3	64	8	81
BK4	64	8	81

Tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan *Jig* dan *Fixture* dalam proses pembuatan *gear* belakang sepeda motor Yamaha cukup baik dalam memberikan kepresisian dan keakurasian terhadap spesifikasi produk yang dihasilkan.

4.2 Analisis Kelayakan Ekonomis Alat Bantu Produksi

Untuk dapat menganalisis apakah *Jig* dan *Fixture* yang dibuat cukup layak secara ekonomis, maka dilakukan pengujian dengan cara membandingkan ongkos dan waktu yang dibutuhkan dalam proses pemesinan tanpa dan menggunakan *Jig* dan *Fixture*. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perbandingan

Kriteria	Tanpa Alat Bantu	Dengan Alat Bantu
Ukuran Lot Produksi	250	250
Alat Pengekam	<i>rotary table dan chuck</i>	<i>Jig dan Fixture</i>
Jumlah Benda kerja per Jam	0.790 unit/jam	2.456 unit/jam
Ongkos Tenaga Kerja	Rp. 1.329.113,924	Rp. 427.524,430
Ongkos Mesin	Rp. 7.911.392,405	Rp. 3.053.745,928
Ongkos pembuatan/unit	Rp. 36.962,025	Rp. 30.925,081

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa penggunaan *Jig dan Fixture* dapat meningkatkan volume produksi yang berakibat pada penurunan biaya pembuatan produk.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancangan dan pengujian serta analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa *Jig dan Fixture* yang dibuat dapat digunakan sebagai alat bantu produksi pembuatan *gear* belakang sepeda motor Yamaha. Penerapan *Jig dan Fixture* diharapkan dapat meningkatkan daya saing industri kecil dalam industri replikasi produk, khususnya pembuatan *gear* belakang sepeda motor Yamaha.

6. Daftar Pustaka

- Hoffman, Edward G., 1996, *Jig And Fixture Design*, Delmar Publishers.
- Permana, Indra., 2006, *Proses Pembuatan dan Pengujian Mesin Roll Bending Pipa dengan Kapasitas Ukuran Diameter Pipa Maksimum 2 Inchi*, Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Rochim, Taufiq., 1993, *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*, Higher Education Development Support Project.
- Rizki, A., 2003, *Perancangan Fixture Berbantuan Komputer untuk Benda Kerja Prismatik pada Mesin Milling Vertikal*, Tugas Akhir Sarjana, Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung.