

Perancangan *Fixture* Untuk Proses Pemesinan Batang Piston Mesin Sepeda Motor Menggunakan Mesin Bubut *Universal Pinacho S-90/180*

Emmanuel Addo Adhiyaksa¹, Adi Purwanto², Agus Duniawan³

¹Program Studi Teknik Mesin S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

²³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email : adi_p@akprind.ac.id

ABSTRAK

Perencanaan *fixture* merupakan bagian dari perancangan alat bantu meliputi proses mendesain dan mengembangkan alat bantu untuk meningkatkan produktifitas dan efisiensi proses pemesinan produk dalam jumlah yang banyak atau massal.

Benda kerja *connecting-rod* pada proses pembuatan *big-end* dan *small-end* membutuhkan ketepatan ukuran agar *connecting-rod* dapat berfungsi dengan maksimal. Perancangan *fixture* pengeboran pada proses pembuatan lubang *big-end* dan *small-end* meliputi perancangan komponen diantaranya : *base plate assembly*, *fixture assembly*, dan *v-block assembly*. Desain *fixture* untuk mesin bubut *universal pinacho s-90/180*. Hasil perhitungan pada proses *drilling* benda kerja dalam pembentukan lubang *big-end* dan *small-end* dengan diameter mata bor 6 mm memiliki kecepatan potong 0,314 m/s, gaya pemotongan 87,06 kg, momen puntir 0,375 kg.m, daya pemotongan 385,57 W, waktu pemotongan 5,268 s. Hasil perhitungan pada proses boring benda kerja dengan diameter mata bor 15 mm memiliki kecepatan potong 0,785 m/s, gaya pemotongan 217,664 kg, momen puntir 1,954 kg.m, daya pemotongan 2006,3 W, waktu pemotongan 5,6 s. Hasil perhitungan pada proses boring benda kerja dengan diameter mata bor 30 mm memiliki kecepatan potong 1,57 m/s, gaya pemotongan 434,88 kg, momen puntir 6,807 kg.m, daya pemotongan 6986,4 W, waktu pemotongan 6,175 s. Hasil perhitungan total *seting-up* dan proses pemesinan 129,7 s. Pada analisa perhitungan ulir untuk tiap-tiap sambungan sudah mendapatkan data yang dapat dikatakan aman.

Kata kunci: *Jig & fixture, Turning Fixture, Connecting-Rod*

PENDAHULUAN

Untuk menghasilkan produk manufaktur yang efisien dibutuhkan desain sistem manufaktur yang terencana. Definisi sistem manufaktur adalah urutan dari suatu operasi yang melibatkan mesin, *tools*, material, orang, dan informasi untuk menghasilkan nilai tambah fisik maupun produk pelayanan. Sistem produksi harus bisa mengakomodasi permintaan konsumen yaitu produk berkualitas dengan siklus waktu pendek. Pada perusahaan manufaktur sepeda motor kegiatan proses produksinya meliputi pembuatan mesin, rangka dan perakitan. Pembuatan komponen mesin terdiri dari *cylinder head*, *cylinder comp*, *crank-case*, *crank-shaft*, *piston*, dan *connecting rod* yang selanjutnya dirakit dengan komponen mesin lainnya dari *supplier*.

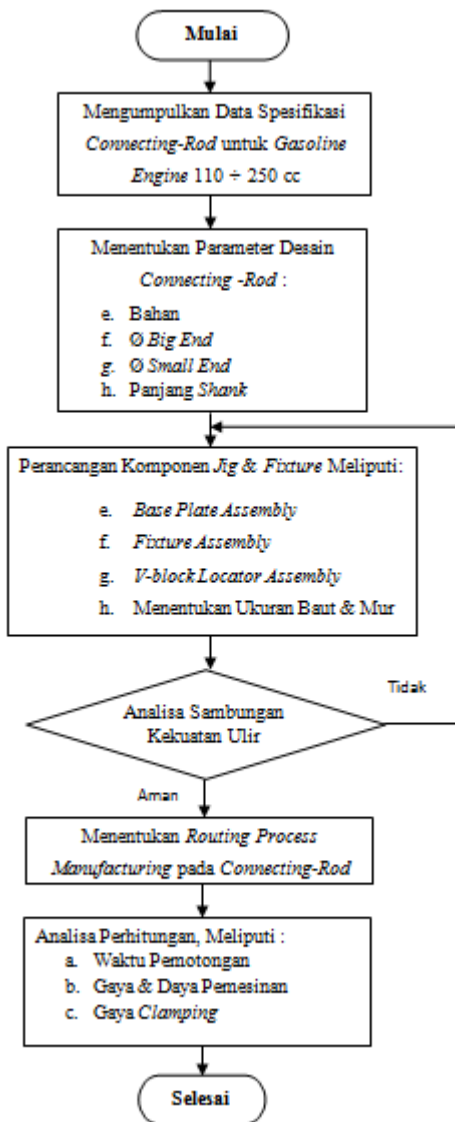
Untuk memperoleh kepresisian dimensi di bidang manufaktur telah dikembangkan alat bantu dalam proses pemesinan. Salah satunya tentang alat bantu pemesinan yaitu *fixture*. *Fixture* digunakan pada proses pemesinan dengan *volume* produksi yang besar dan kecepatan produksi yang tinggi. Dengan menggunakan *fixture*, produk yang dihasilkan dapat seragam.

Untuk menyelesaikan studinya maka penulis tertarik untuk ikut serta mengembangkan desain *fixture* yang digunakan untuk membantu proses pemesinan *connecting-rod* dengan menggunakan mesin bubut. *Fixture* pemesinan didesain sedemikian rupa sehingga mampu digunakan untuk proses pemesinan *connecting-rod* pada mesin bubut. Maka dari itu dipilihlah judul tugas akhir "Perancangan *Fixture* untuk Proses Pemesinan Batang Piston Mesin Sepeda Motor Menggunakan Mesin Bubut *Universal Pinacho S-90/180*".

METODE PERANCANGAN

1. Diagram Alir Perancangan

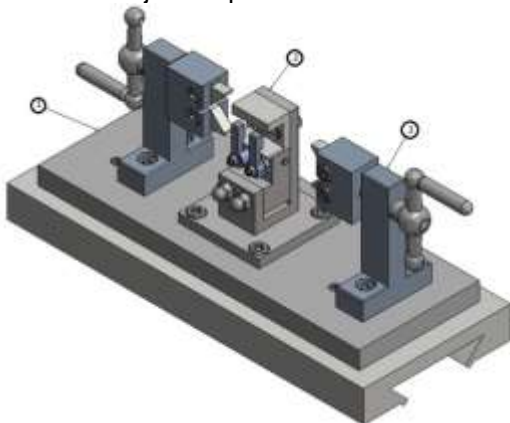
Diagram alir perancangan *fixture* pemesinan *connecting-rod* menggunakan mesin bubut PINACHO S-90/180 ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Diagram alir perancangan

2. Konsep *Design fixture*

Design fixture pemesinan *connecting-rod* menggunakan mesin bubut PINACHO S-90/180 ditunjukkan pada Gambar 2:



Gambar 2. Konsep Design

Keterangan gambar:

1. Base Plate Assembly
2. Fixture Assembly
3. V-Block Locator Assembly
4. Metode *Design fixture*

Metode yang digunakan untuk memperoleh data dalam perancangan *fixture* pemesinan *connecting-rod* menggunakan mesin bubut PINACHO S-90/180, sebagai berikut:

1. Wawancara.
2. Melakukan pengamatan.
3. Menentukan bahan tiap part *fixture*
4. Melakukan perhitungan keamanan pada tiap sambungan part.
5. Melakukan analisa perhitungan proses pemesinan *connecting-rod*.
6. Membuat gambar rancangan *fixture* pemesinan *connecting-rod* menggunakan mesin bubut PINACHO S-90/180.

3. Pengoperasian *Fixture*

Fixture pemesinan pada *connecting-rod* ini didesain hanya untuk pemesinan pada *big-end* dan *small-end* serta hanya digunakan pada mesin bubut. Untuk menggunakan *fixture* ini memerlukan beberapa syarat yang harus terpenuhi, yaitu:

1. *Forged connecting-rod* sudah melalui proses *pre-machining* pada bagian *shank*. Hal ini bertujuan agar *nest locator* mampu memposisikan *connecting-rod* dengan benar.
2. Spesifikasi dimensi *Connecting-rod* sesuai pada motor dengan kelas 110÷250 cc. Dengan jarak *big-end* dan *small-end* 86,5 – 105 mm dan lebar *shank* berkisar 12-17 mm.

Langkah-langkah mengoperasikan *fixture connecting-rod*, yaitu:

1. Letakkan *connecting-rod* pada *nest locator* yang sudah dirancang sesuai dimensi *shank* pada *connecting-rod* yang telah melalui proses *pre-machining*.
2. Lakukan *clamping* benda kerja pada *fixture* dengan *clamp* yang sudah dirancang, sehingga mampu mengikat *connecting-rod* saat proses pemesinan berlangsung.
3. Putar *handle* untuk menggerakkan *v-block* hingga membantu memposisikan *big-end* dan *small-end connecting-rod*. Pada langkah ini *connecting-rod* sudah siap untuk dilakukan proses pemesinan.
4. Untuk memindah lokasi pemesinan dari *small-end* ke *big-end* atau

sebaliknya maka operator hanya cukup memutar *handle* pada *saddle* mesin bubut, sedangkan untuk proses pemesinannya dengan memanfaatkan gerak eretan menuju *cutting tool*.

4. Routing Process Machining Connecting-rod

Routing process pemesinan pada *connecting-rod* dilakukan setelah proses *premachining* diberlakukan pada *connecting-rod*. Dengan menggunakan data spesifikasi *connecting-rod* CBR150.

Tahapan proses pemesinan *connecting-rod* pada mesin bubut untuk pembuatan *small-end* dan *big-end* :

1. Lakukan *seting-up connecting-rod* pada *fixture* terlebih dahulu. Pastikan *clamp* sudah mampu mempertahankan posisi *connecting-rod* saat proses pemesinan berlangsung.
2. Untuk melakukan pemesinan pada *small-end*, pastikan titik *center* pada *small-end* terlebih dahulu. Gunakan *center* pada kepala lepas (*tailstock*) untuk memastikan *center* pada *small-end* memiliki sumbu yang sama pada spindel agar nantinya hasil dari proses pemesinan sesuai dengan yang diharapkan.
3. Lakukan *set-up* pada *spindel*, gunakan *collet* sebagaiudukan *CoroDrill®860*. Mata *drill* ini menyediakan ukuran diameter 3 - 20 mm. Gunakan *drill* dengan diameter 6 mm untuk pembuatan lubang terlebih dahulu.
4. Proses pemesinan *small-end* dapat menggunakan *CoroDrill®860* dengan DC (*cutting diameter*) 6 mm. Untuk melakukan *drilling* prinsipnya menggunakan gerak *apron* pada mesin bubut. Pertama atur kecepatan putar pada *spindel*, selanjutnya nyalakan gerak putar pada *spindel*. Lakukan proses *drilling* dengan memutar *handle* pada *apron* mesin bubut.
5. Selanjutnya lakukan *set-up* untuk mengganti mata *drill* dengan diameter 15 mm. Lubang yang sudah dibuat tadi dapat diperbesar dengan *CoroDrill®860* berdiameter 15 mm.
6. Setelah mendapatkan *small-end* berdiameter 15 mm selanjutnya dilakukan proses *reaming* dengan menggunakan *CoroReamer™830* berdiameter 15 mm untuk

mendapatkan ketelitian dimensi pada *small-end*.

7. Pada tahap ini lubang *small-end* sudah selesai dikerjakan. Selanjutnya lakukan *drilling* pada bagian *big-end connecting-rod*. Untuk menggeser pengerjaan dari *center small-end* ke *center big-end* cukup dengan memutar *handle* pada *saddle*. Lakukan pengecekan *center* dengan bantuan *center* pada *tailstock*.
8. Lakukan *set-up* dengan mengganti mata *drill* berdiameter 6 mm. Proses pembuatan lubang *big-end* dapat menggunakan *CoroDrill®860* dengan DC 6 mm.
9. Setelah terbentuk lubang *big-end* dapat diperbesar dengan *CoroDrill®860* berdiameter 15 mm . Lakukan *set-up* mata *drill* terlebih dahulu.
10. Gunakan *CoroBore®825* dengan DC 30 mm untuk memperbaiki sekaligus memperbesar lubang.
11. Setelah mendapatkan *big-end* berdiameter 30 mm gunakan *CoroReamer™830* berdiameter 30 mm untuk mendapatkan ketelitian dimensi.
12. Setelah proses *finishing* pada *connecting-rod* untuk mengerjakan *small-end* serta *big-end* sudah selesai, lakukan *checking-up* pada lubang yang sudah di bentuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Proses *Drilling* dengan Diameter Mata Bor 6 mm

Proses *drilling* akan dilakukan pada *small-end* dan *big-end*. *Cutting tool* yang digunakan dapat berupa mata *drill CoroDrill®860* dengan ukuran diameter 6 mm. Proses *drilling* yang direncanakan dengan kondisi berikut:

Gerak makan, $f = 0,125 \text{ mm/r}$

Putaran spindel poros, $n = 1000 \text{ rpm}$

- A. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi \times d \times n}{1000}$$

$$v = \frac{\pi \times 6 \times 1000}{1000}$$

$$v = 0,314 \text{ m/s.}$$

- B. Kecepatan makan

$$f_z = v_f / (n \times z)$$

$$v_f = f_z \times n \times z$$

$$v_f = 0,125 \times 1000 \times 2$$

$$v_f = 4,1667 \times 10^{-3} \text{ m/s.}$$

- C. Kedalaman potong

$$a = d/2$$

$$= 6/2$$

$$a = 3 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

D. Waktu pemotongan

Dimana diketahui mata drill CoroDrill®860 dengan Ø 6 mm memiliki

$$\kappa_r = 72,5^0$$

$$\ell_n = \frac{\left[\frac{d}{2}\right]}{\tan \kappa_r}$$

$$\ell_n = \frac{\left[\frac{6}{2}\right]}{\tan 72,5}$$

$$\ell_n = 0,95 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\ell_t = \ell_v + \ell_w + \ell_n$$

$$\ell_t = 5 + 16 + 0,95$$

$$\ell_t = 21,95 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

Maka waktu pemotongan

$$t_c = \frac{\ell_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{21,95 \times 10^{-3}}{4,1667 \times 10^{-3}}$$

$$t_c = 5,268 \text{ s.}$$

E. Kecepatan penghasiian geram

$$Z = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{v_f}{1000}$$

$$Z = \frac{\pi \times 6^2}{4} \times \frac{250}{1000}$$

$$Z = 1,178 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s.}$$

Steel alloy standard AISI 4340 dengan kekuatan tarik sebesar 930 – 1080 MPA maka dari itu dipilihlah nilai kekuatan tarik sebesar $\sigma_u = 950 \text{ N/mm}^2$.

F. Momen puntir

$$M_t = C_1 \times d^x \times f^y$$

$$M_t = 741 \times 6^{1,8} \times 0,125^{0,78}$$

$$M_t = 3681,97 \times 10^{-3} \text{ N.m}$$

$$M_t = 0,375 \text{ kg.m.}$$

G. Gaya tekan

$$F_z = C_2 \times d^m \times f^n$$

$$F_z = 720 \times 6^1 \times 0,125^{0,78}$$

$$F_z = 853 \text{ N}$$

$$F_z = 87,04 \text{ kg.}$$

Dengan kekuatan tarik diatas maka nilai gaya potong spesifik referensi didapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

H. Gaya potong spesifik referensi

$$k_{s\ 1.1} = 144 \times \sigma_u^{0,37}$$

$$k_{s\ 1.1} = 144 \times 950^{0,37}$$

$$k_{s\ 1.1} = 185,735 \times 10^6 \text{ kg/m}^2.$$

Nilai gaya potong referensi diatas di gunakan untuk proses bubut. Untuk di gunakan pada proses gurdi (*drilling*) material jenis baja memiliki gaya potong spesifik referensi sebesar 3x dari gaya potong referensi proses bubut, Maka :

$$k_{d\ 1.1} = 3 \times k_{s\ 1.1}$$

$$k_{d\ 1.1} = 3 \times 1820,2$$

$$k_{d\ 1.1} = 557,2 \times 10^6 \text{ kg/m}^2.$$

Selanjutnya setelah mendapatkan harga dari gaya potong spesifik referensi maka dapat mencari gaya potong spesifik proses *drilling*.

$$k_d = k_{d\ 1.1} \times d^{-0,2} \times f^{-0,22}$$

$$k_d = 5460,6 \times 6^{-0,2} \times 0,125^{-0,22}$$

$$k_d = 615,26 \times 10^6 \text{ kg/m}^2.$$

Selanjutnya mencari nilai daya yang digunakan dalam proses *drilling* dengan persamaan :

$$N_c = \frac{M_t \times 2 \times \pi \times n}{60.000.000}$$

$$N_c = \frac{3681,97 \times 2 \times \pi \times 1000}{60.000.000}$$

$$N_c = 385,57 \text{ W}$$

Setelah proses *drilling* dengan diameter 6 mm dilakukan pada *big-end* dan *small-end*, selanjutnya akan dilakukan proses pembesaran lubang. Proses *boring* dilakukan untuk mendapatkan diameter yang di inginkan.

2. Perhitungan Sambungan Keamanan pada Base Plate dengan Saddle

Ulir yang digunakan M10 × 1,5 maka berdasarkan Tabel 2.4 besarnya diameter luar $d = 10,00 \text{ mm}$; diameter efektif $d_2 = 9,026 \text{ mm}$; diameter dalam $d_1 = 8,376 \text{ mm}$; Ulir kasar metris bahan baja liat definis biasa ($\bar{\sigma} = 4,8 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$).

A. Besarnya tegangan tarik (σ) yang terjadi pada diameter inti (d_1)

$$\sigma = \frac{4 \times W}{\pi \times d_1^2}$$

$$\sigma = \frac{4 \times 217,442}{3,14 \times (8,376^2)}$$

$$\sigma = 3,94 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 ; \text{ Jadi } \sigma < \bar{\sigma} \text{ maka aman.}$$

B. Pemeriksaan diameter

$$d = \sqrt{\frac{4 \times W}{\pi \times \bar{\sigma} \times 0,64}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 217,442}{3,14 \times 4,8 \times 0,64}}$$

$$d = 9,49 \text{ mm.}$$

Jadi d yang dipilih sudah lebih besar dari perhitungan diatas, maka pemilihan diameter dipastikan **aman**.

C. Analisa dibuatnya ulir dalam pada saddle

Jumlah ulir jika tinggi mur 17 mm adalah,

$$Z = \frac{H}{p}$$

$$Z = \frac{17}{1,5}$$

$$Z = 11,33 \approx 11.$$

Maka besarnya tekanan kontak pada permukaan ulir adalah,

$$q = \frac{W}{\pi \times d_2 \times h \times z}$$

$$q = \frac{217.442}{3,14 \times 9,026 \times 17 \times 11}$$

$$q = 0,04 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}.$$

Jadi $q < q_a$, besarnya q_a adalah $3 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ maka **aman**.

(Sularso. & Suga,.K., 2004: hal 297)

3. Perhitung Gaya Clamping

Untuk gaya *clamping* yang dikembangkan oleh mur dapat digunakan persamaan 2.1. *Clamp* menggunakan mur *hexagonal* standar ISO 4032 dengan spesifikasi Ø5 mm, Øpitch 4,13997 mm, sudut ulir 30°, panjang spanner 38,5 mm. Untuk gaya tarik atau dorong diasumsikan sebesar 3 kg atau 29,43 N ,maka :

$$F_s = \frac{F_h \cdot L}{R \cdot \tan(\alpha + \phi)}$$
$$F_s = \frac{29,43 \times 38,5}{2,06 \times \tan(30)}$$
$$F_s = 952,674 \text{ N}$$
$$F_s = 97,2 \text{ kg}$$

Maka gaya *clamping* yang dihasilkan mur dengan standar ISO 4032 Ø 5 mm sebesar 97,2 kg (Joshi, P.H., 2002: 48).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain *fixture* yang telah dirancang memanfaatkan gerakan pada gerak *saddle* dan eretan pada mesin bubut. Selain itu *fixture* ini di desain hanya untuk mengerjakan benda kerja *connecting-rod*.
2. Keseluruhan komponen *jig* dan *fixture* yang dirancang terdiri dari beberapa komponen yaitu: *base plate*, *fixture body*, *support body*, *clamp assembly*, *nest locator* dan *v-block locator assembly*.
3. Hasil perhitungan pada proses pengeboran benda kerja dengan diameter mata bor 6 mm menggunakan putaran spindel 1.000 rpm akan memiliki kecepatan potong 0,314 m/s, dan dengan gerak makan 0,125 mm/r mendapatkan *feeding speed* $4,1667 \times 10^{-3}$ m/s. Momen puntir dengan benda kerja menggunakan *steel alloy* AISI 4340 sebesar 0,375 kg.m , gaya tekan saat proses *drilling* sebesar 87,06 kg, serta daya yang digunakan sebesar 385,57 W. Total waktu yang dibutuhkan untuk proses pemesinan *big-end* dan *small-end* pada *connecting rod* sebesar 129,7 s. Gaya *clamping* yang dikembangkan oleh mur dengan standar ISO 4032 sebesar 97,2 kg.
4. Pada analisa perhitungan ulir saat didapatkan data $\sigma < \bar{\sigma}$ dan $q < q_a$ maka dapat dikatakan sambungan yang dirancang aman saat digunakan. Seperti

pada sambungan *base plate* dengan *saddle* menggunakan ulir M10 × 1,5 maka besarnya tegangan tarik $3,94 \times 10^6$ kg/m² < besar tegangan tarik yang diizinkan $4,8 \times 10^6$ kg/m² dan tekanan kontak pada permukaan ulir $0,04 \times 10^6$ kg/m² < tekanan kontak yang diizinkan sebesar 3×10^6 kg/m².

DAFTAR PUSTAKA

- Adithan,.M. & Gupta,.A.B., 2001, **Manufacturing Tecnology**, Cetakan Pertama, New Age Internatinal, New Delhi.
- Ariestyanto,.A., 2011., **Analisis Kegagalan Connecting Rod Sepeda Motor 2 Langkah**, F.Teknik. Universitas Diponegoro.
- Dieter, G.E., 1983, **Engineering Design. A Materials and Processing Approach**, Mc Graw Hill Book Company, Japan
- Hoffman, E.G., 2004, **Jig and Fixture Design**, Fifth Edition, Thomson Delmar Learning, New York.
- Joshi, P.H., 2002, **Jig and Fixture, 2th edition**, Mc Graw- Hill Company, New Delhi
- Prasetyo,.H., Jaraoepratjeka,.H., dan Felix,.J., 2010, **Rancangan Jig dan Fixture Untuk Proses Produksi Gear Belakang Sepeda Motor Yamaha**, Institut Teknologi Nasional.
- Purwanto,.A., Arifin,.M.R., dan Huda,.S., 2014, **Alat Bantu Pegang Fleksibel Untuk Penggerindaan**, Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRINT
- Rochim.T., 2007, **Klasifikasi,Proses,Gaya & Daya Pemesinan**. FTI , ITB.
- Sularso. & Suga,.K., 2004, **Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin**, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Anonim-a, "Roehm-Catalog" termuat di <http://www.roehm.biz>
- Anonim-b, "Connecting-Rod forging" termuat di <http://www.forging.kirextechno.com>