

MODIFIKASI MESIN BUBUT DENGAN PENAMBAHAN ALAT BANTU CEKAM UNTUK MEMBUAT KOMPONEN YANG MEMBUTUHKAN PROSES FREIS

Muhammad Yanis, Qmarul Hadi

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Jl.Raya Palembang Prabumulih km 32, Inderalaya-Ogan Ilir (30662)
Sumatera Selatan, Indonesia

Phone: +62-711-580272, FAX: +62-711-580272, E-mail: yanis_mhd@yahoo.co.id

ABSTRACT

Mesin bubut dapat ditingkatkan kemampuannya untuk mengerjakan proses freis. Proses freis tersebut dilakukan dengan menambahkan alat tambahan (attachment) berupa alat bantu cekam (fixture) yang dibuat terdiri atas dua bagian utama yaitu poros pemegang pahat dan pencekam benda kerja. Poros pemegang pahat dirancang khusus akan dilekatkan pada spindel yang dapat mencekam berbagai jenis pahat freis. Sementara itu pencekam benda kerja digunakan untuk memegang benda kerja yang dilekatkan pada dudukan pahat (carriage) sebagai pengganti posisi pahat, jadi dalam hal ini pahat dan pemegangnya dilepas. Proses freis yang dilakukan merupakan proses freis permukaan (face milling) untuk komponen yang berukuran kecil atau sedang. Alat bantu cekam yang telah dibuat diharapkan dapat dimanfaatkan oleh bengkel produksi atau industri kecil yang tidak memiliki mesin freis untuk meningkatkan produktivitas mesin bubutnya.

Kata Kunci: Mesin perkakas. Alat bantu cekam, Proses bubut, Proses freis.

1. Pendahuluan

Pembuatan komponen dari logam menggunakan mesin perkakas (machine tools) sampai saat ini masih tetap merupakan proses yang paling banyak digunakan (60% sampai dengan 80%) dibanding jenis proses lain (proses pengelasan, pembentukan, pengecoran dan metalurgi serbuk). Hal ini karena mesin perkakas dapat menghasilkan produk yang teliti (tidak salah), tepat (keterulangan), produktif dan kompleks [9].

Komponen mesin (suku cadang elemen mesin) memiliki beragam bentuk dan dalam pembuatannya memerlukan mesin, dimana dalam hal ini mesin perkakas yang mampu membentuknya. Jenis mesin perkakas yang umum digunakan adalah mesin bubut, mesin gurdi, mesin sekrap, mesin bor, mesin freis dan mesin gerinda, atau kombinasi diantaranya.

Pada umumnya bentuk komponen mesin yang dibuat memerlukan pengerjaan permukaan silindrik, konis dan pengerjaan permukaan rata. Untuk bentuk silindrik atau konis mesin perkakas yang digunakan adalah mesin bubut atau gerinda silindrik untuk proses *finishing*. Untuk bentuk permukaan rata, mesin yang biasa digunakan adalah mesin freis atau mesin sekrap dan gerinda rata (*finishing*). Sementara itu bentuk

produk umum yang sering dibuat banyak memerlukan pengerjaan di mesin freis. Selain itu mesin freis juga merupakan mesin perkakas yang paling kompleks untuk membuat komponen.

Bagi bengkel produksi yang hanya memiliki mesin bubut dan beberapa mesin lain serta tidak memiliki mesin freis berarti keterbatasan dalam pembuatan komponen yang membutuhkan proses freis. Hal ini terutama di rasakan oleh kebanyakan industri kecil dan beberapa industri mesin perkakas yang berskala sedang yang tidak mampu membeli mesin freis yang memang harganya jauh lebih mahal dibanding mesin bubut.

Mesin bubut dapat ditingkatkan kemampuannya dalam membuat komponen yang membutuhkan pengerjaan proses freis dengan membuat peralatan tambahan [9]. Peralatan tambahan (attachments) tersebut berupa alat bantu cekam (fixture). Alat bantu cekam digunakan untuk memegang benda kerja yang dilekatkan pada dudukan pahat (carriage) sebagai pengganti posisi pahat, jadi dalam hal ini pahat dan pemegangnya dilepas. Sementara itu untuk pahat freis diletakkan pada spindel menggunakan poros pemegang pahat yang rancang khusus.



Modifikasi pada mesin bubut ini akan diterapkan ke salah satu industri kecil yang tidak memiliki mesin freis, sehingga akan meningkatkan produktivitas industri kecil yang bersangkutan dan pada akhirnya akan meningkatkan pendapatannya. Selain itu diharapkan sebagai ide awal bagi industri kecil atau bengkel produksi yang hanya memiliki mesin bubut, untuk membuat alat sejenis yang dipakai pada mesin bubut mereka.

2. Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada peningkatan kemampuan kerja mesin bubut untuk mengerjakan proses freis meliputi perancangan dan pembuatan alat bantu cekam serta pengujian kemampuan kerja alat. Tempat pembuatan dan pengujian kemampuan alat dilakukan di laboratorium CNC-CAD/CAM Fakultas Teknik Unsri, Politeknik Unsri, Balai Latihan Pendidikan Teknik (BLPT) Palembang dan salah satu industri kecil yang ada di pasar Cinde Palembang.

2.1. Perancangan dan pembuatan alat bantu cekam

Bentuk dan ukuran alat bantu cekam yang dibuat disesuaikan mempertimbangkan ruang gerak pemesinan pada mesin bubut yang digunakan, sehingga defleksi atau getaran yang terjadi tidak menyebabkan kesalahan yang berarti dari komponen yang dibuat. Data daya, putaran maksimum mesin dan kedudukan *carriage* atau *tool post* merupakan data perencanaan yang penting. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja dan kekuatan komponen alat menggunakan persamaan di bawah ini.

- a. Akibat gaya aksial (arah gaya sejajar dan sepusat sumbu komponen)[6] :

$$\sigma = F_a / A \quad (1)$$

dimana :

σ = Tegangan arah aksial, N/m²

F_a = Gaya aksial, N

A = Luasan penampang arah tegak lurus, m²

- b. Akibat gaya radial (arah gaya tegak lurus sumbu komponen)[6] :

$$\sigma = M / Z \quad (2)$$

dimana :

σ = Tegangan arah radial, N/m²

M = Momen lengkung, N.m

Z = Modulus penampang, m³

- c. Akibat gaya tangensial (arah gaya tegak lurus jari-jari penampang lingkarannya) [6] :

$$P = F_t \cdot v = T \cdot \omega \quad (3)$$

dimana :

P = Daya yang terjadi, N m/detik

F_t = Gaya tangensial yang terjadi, N

v = Kecepatan, m/detik

T = Momen puntir, N.m

ω = Kecepatan sudut, rpm

- d. Gaya tekan pembuatan lubang[9] :

$$F_z = C \cdot d^m \cdot f^p \quad (4)$$

dimana :

F_z = Gaya tekan yang terjadi, N

C = Konstanta gaya tekan

d = Diameter pahat, mm

f = Gerak makan, mm/r

m, n = Pangkat untuk diameter dan gerak makan.

- e. Gaya tangensial pada pahat proses freis[9] :

$$F_{tm} = A_m \cdot k_{sm} \quad (5)$$

dimana :

F_{tm} = Gaya potong pergigi rata-rata, N

A_m = Penampang geram, mm²

= $a \times h_m$

A = Lebar geram (kedalaman potong), mm

h_m = Tebal geram sebelum terpotong, mm

= $(f_z \sin \kappa_r / \Phi_c) / (\cos \Phi_1 - \cos \Phi_2)$

f_z = Gerak makan per gigi, mm

κ_r = Sudut potong utama, °

Φ_c = Sudut persentuhan rata-rata, °

= $\Phi_2 - \Phi_1$

Φ_1 = Sudut persentuhan masuk, °

= $\text{arc cos } [(d/2) - x] / (d/2)$

Φ_2 = Sudut persentuhan keluar, °

= $\text{arc cos } [(d/2) - (x + w)] / (d/2)$

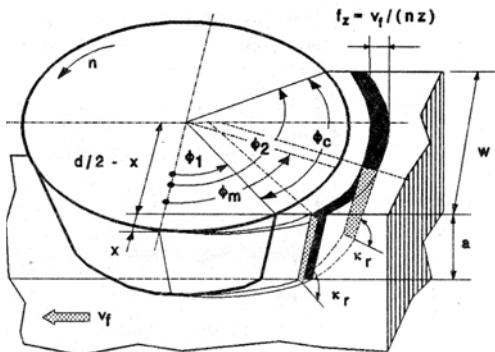
k_{sm} = Gaya potong spesifik, N/mm²

= $k_{s1.1} \times h_m^{-p}$

$k_{s1.1}$ = Gaya potong spesifik referensi, tergantung jenis material, N/mm²

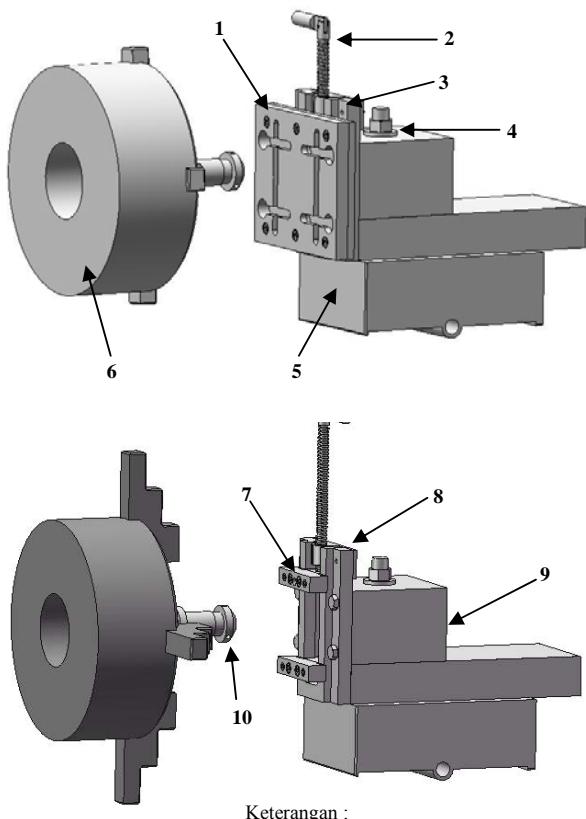
P = Pangkat tebal geram rata-rata, dipengaruhi oleh material benda kerja dan kecepatan potong (rata-rata 0,25)





Gambar 1. Geometri gerak sebelum terpotong pada proses freis vertikal [6].

Bentuk skematik dari alat yang dibuat seperti gambar di bawah ini.



Keterangan :

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. Meja dengan pendukung alur-T | 6. Spindel mesin bubut |
| 2. Baut daya | 7. Ragum atas |
| 3. Mur pasangan baut daya | 8. Rel |
| 4. Baut pengikat ke dudukan pahat | 9. Balok penumpuh |
| 5. Meja dudukan carriage m. bubut | 10. Poros pemegang pahat |

Gambar 2. Bentuk alat bantu cekam yang dibuat yang dipasang di mesin bubut

Komponen utama dari alat bantu cekam yang dibuat terdiri atas :

a. Poros pemegang pahat

Poros pemegang pahat diikatkan di spindel sebagai pengganti kedudukan benda kerja. Diameter luar dibuat sebesar mungkin dengan tujuan agar konstruksi kaku dan agar dapat memuat rumah pahat pencekam (collet) pahat gurdii dan *end mill* (diambil diameter terbesar 35 mm). Kedua penampang poros dimanfaatkan, penampang pertama untuk mencekam pahat perataan dengan diameter minimum 40 mm dan penampang satunya untuk mencekam pahat gurdii dan *end mill* berbagai diameter (2 s.d 18 mm). Material poros ini dibuat dari bahan baja lunak.

b. Meja/landasan benda kerja dan pencekam berbentuk ragum

Benda kerja yang akan dimesin diletakkan/diikatkan pada meja atau ragum. Untuk menahan benda kerja dikencangkan dengan baut, dimana kepala baut menempati pada meja pada alur-T. Pada pembuatan bagian ini yang perlu diperhatikan adalah kehalusan permukaan meja dan kehalusan dan ketelitian lintasan luncurnya (guide way). Material diambil dari baja karbon sedang. Bila meja slot-T tidak bisa menahan benda kerja, maka bagian ini dilepas dan diganti pencekam biasa berbentuk pencekam ragum yang dibuat khusus.

c. Ulir mur pasangan baut/daya

Ulir mur untuk pasangan baut/daya atau poros penggerak posisi peletakkannya dilakukan dua cara yaitu cara seperti ditunjukkan gambar (2) dimana pelat mur diikatkan pada bagian atas dari rel. Pada kondisi ini hanya poros/baut daya nya ikut bergerak naik atau turun bersama meja atau ragum atas. Perancangan kedua ulir mur dibuat langsung pada lubang di lintasan luncur baik untuk meja maupun untuk ragum. Pada kondisi ini yang bergerak naik atau turun hanya meja atau ragum. Posisi mur pasangan baut/daya diganti oleh pelat khusus yang menahan dorongan poros/baut/daya ketika bergerak.

d. Rel/lintasan pengarah meja dan ragum

Meja dan dudukan benda kerja disatukan dengan Rel/lintasan pengarah meja sebagai pasangan lintasan luncur. Bagian permukaan yang bersentuhan dengan meja dibuat sehalus mungkin dan seteliti mungkin dimensi maupun geometrianya dengan permukaan meja, guna menjamin ketelitian. Untuk bagian ini digunakan material baja karbon rendah. Lintasan pengarah meja dibuat dua macam dengan ukuran yang berbeda berdasarkan dua metode cara menggerakkan meja atau ragum diatas.



e. Pelat penahan baut daya/pengikat

Baut daya diikat oleh pelat penahan dan dihubungkan dengan rel/lintasan pengarah meja untuk menjaga ketelitian gerak ketika meja atau ragum dinaikkan atau diturunkan. Material bagian ini dibuat dari baja karbon rendah. Untuk cara penumpuhan atau penyatuan kedua bagian ini diganti dengan pelat yang memiliki mur ulir dari baut daya.

f. Poros/baut daya

Benda kerja yang akan dimesin diatur posisinya oleh baut daya dengan cara mengangkat atau menurunkan balok pencekam ataupun meja. Baut daya ini dibuat dua buah sama seperti ragum, lintasan luncur meja dan pasang lintasan luncur atau rel.

g. Balok penumpu alat pada *tool post*

Balok penumpuh ini dilekatkan pada meja tempat yang untuk meletakan pemegang pahat bubut (*tool post*). Balok ini tempat menyatukan mengikatnya lintasan luncur atau rel dari alat bantu cekam yang dibuat. Besar balok disesuaikan dengan ukuran mesin bubut yang dipakai dan dibuat dari material baja lunak.

2.2. Pengujian kemampuan alat bantu cekam

Pengujian kemampuan kerja alat terdiri atas pembuatan kontur dan uji pemesinan. Proses pembuatan dengan berbagai kontur/geometri dari benda kerja yang dibuat berdasarkan jenis pahat yang digunakan. Pengujian ini bertujuan melihat fleksibilitas kemampuan alat untuk membuat benda kerja yang memerlukan proses freis. Pengujian pengaruh variabel pemesinan terhadap kekasaran permukaan (R_a) yang terjadi dilakukan dengan tidak menggunakan cairan pendingin dan menggunakan cairan pendingin baik proses *up milling* (freis naik) maupun *down milling* (freis turun).

a. Bahan pengujian

- Material yang digunakan untuk pengujian pemesinan diambil dari bahan aluminium dan baja karbon rendah dengan berbagai ukuran yang disesuaikan kebutuhan.
- Cairan pendingin (colant) untuk pengujian menggunakan jenis semi sintetis yaitu *dromus* dengan konsentrasi atau perbandingan air dengan *dromus* adalah 20 bagian air dengan 1 bagian *dromus*.

- Pahat yang digunakan dari jenis HSS (high speed steel) baik untuk proses freis maupun gurdi dengan berbagai ukuran dan bentuk.

b. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang digunakan dalam pengujian ini meliputi :

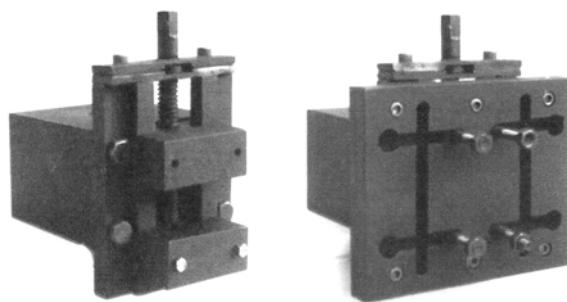
- Mesin bubut : merk Dairen C620G; daya 5 kW; putaran 90, 150, 265, 580 rpm; kecepatan makan 80, 90, 100, 120 mm/min.
- *Roughness Tester* ; Mitutoyo (0,01 μm).
- Jangka sorong ; Mitutoyo (0,01 μm).
- Mikrometer ; Mitutoyo (0,001 μm).

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan alat bantu cekam (fixture) yang direncanakan telah berhasil dilakukan. Sesuai rancangan yang diinginkan untuk memposisikan mur dari baut atau poros penggerak meja atau ragum dilakukan dua cara, yaitu :

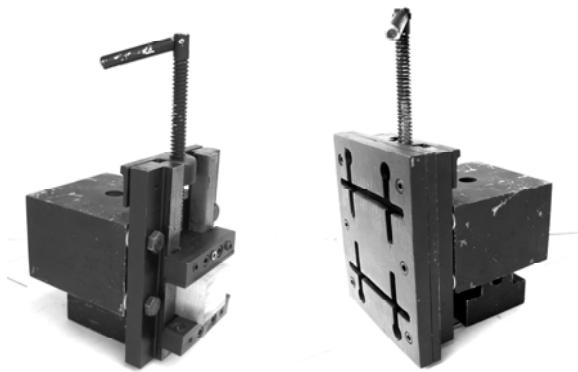
- Posisi pertama, pasangan ulir poros (mur) dibuat pada lintasan luncur meja atau ragum gambar (3).
- Posisi kedua, untuk mur dibuat pada pelat khusus yang di lekatkan sebagai pengganti pelat penahan baut daya gambar (4).

Berikut gambar bentuk alat bantu cekam dan poros pemegang pahat yang dibuat, cara pemasangan di mesin bubut..



Gambar 3. Bentuk alat bantu cekam yang dibuat. Modifikasi pertama dimana mur pasangan baut daya dibuat pada pasangan rel.

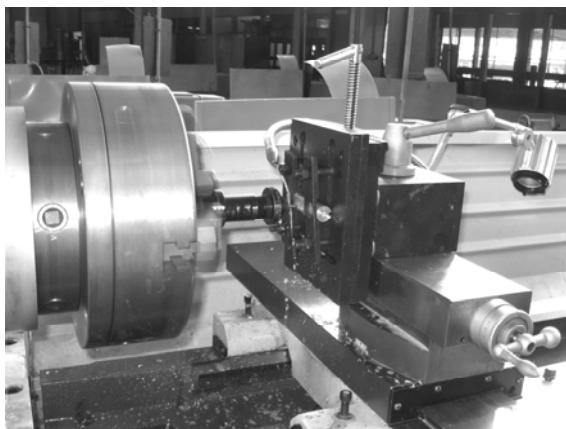




Gambar 4. Bentuk alat bantu cekam yang dibuat. Modifikasi kedua dimana mur pasangan baut daya menggantikan posisi pelat penahan baut daya.

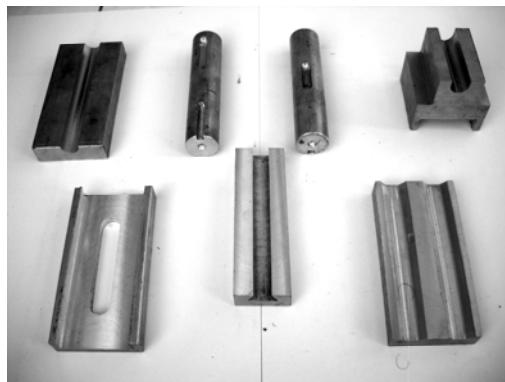


Gambar 5. Poros pemegang pahat (a) Jenis pahat perataan, (b) Pahat *end mill*

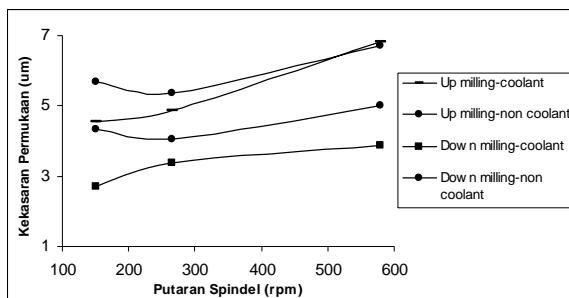


Gambar 6. Pemasangan alat bantu cekam di mesin bubut

Gambar (7) merupakan contoh bentuk atau kontur yang dibuat menggunakan alat bantu cekam yang dibuat dan gambar (8) pengaruh putaran spindel terhadap kekasaran permukaan yang dilakukan menggunakan alat yang dibuat.



Gambar 7. Contoh bentuk atau kontur yang memerlukan proses freis menggunakan alat bantu cekam yang dibuat.



Gambar 8. Pengaruh variasi putaran spindel terhadap kekasaran permukaan pada proses freis menggunakan alat bantu cekam yang dibuat.

Dari kegiatan yang dilakukan, telah dibuat alat bantu cekam (fixture) di mesin bubut sesuai dengan hasil yang diharapkan yaitu dapat membuat produk yang memerlukan penggerjaan permukaan rata (proses freis). Sesuai dimensi alat yang dibuat benda kerja/komponen yang dibuat alat ini untuk ukuran kecil dan memungkinkan ukuran sedang dan dipasaran benda kerja yang dibuat pada umumnya berukuran kecil dan tidak kompleks. Namun hasil ini sangat bermanfaat bagi bengkel produksi atau industri kecil dalam meningkatkan produktivitas mesin bubutnya.

Pemasangan alat tambahan ini di mesin bubut sangat sederhana, sehingga tidak membutuhkan waktu lama untuk melepas pemegang pahat dan menggantikannya dengan alat bantu cekam (pemasangan dilakukan hanya dengan dua baut pengikat). Begitupun untuk poros pemegang pahat pemasangan sama seperti pemasangan benda kerja untuk proses bubut. Perawatan



alat ini tidak begitu sulit, sesederhana perawatan pahat dan pemegang pahat pada umumnya.

Kemampuan alat dalam melakukan pekerjaan freis dapat diandalkan, hal ini terlihat dari hasil pengujian dengan menvariasikan putaran spindel. Hasil uji pengaruh putaran spindel terhadap kekasaran permukaan benda kerja semua nilai masuk dalam daerah toleransi untuk proses freis. Berdasarkan literatur *range* untuk pengefreisan nilai kekasaran permukaan berapa diantara 25 s.d 0.4 μm . Dari pengujian pemesinan yang dilakukan sesuai dengan teori yaitu hasil yang didapat menunjukkan bahwa proses freis naik (up milling) nilainya lebih besar dari freis turun (down milling), hal ini karena pada setiap saat mata pahat lebih banyak yang bekerja sehingga menyebabkan pahat lebih cepat aus.

4. Kesimpulan

Dari hasil kegiatan yang telah dilakukan yaitu pembuatan alat bantu cekam, maka dapat disimpulkan bahwa modifikasi mesin bubut dengan membuat alat tambahan (attachment) berupa alat bantu cekam (fixture) telah berhasil dilakukan sesuai dengan harapan. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian yang dilakukan :

- a. Alat bantu cekam (fixture) yang dibuat dapat membuat produk yang memerlukan penggeraan permukaan rata (proses freis). Sesuai dimensi alat yang dibuat benda kerja/komponen yang dibuat alat ini untuk ukuran kecil dan memungkinkan ukuran sedang.. Namun hasil ini sangat bermanfaat bagi bengkel produksi atau industri kecil dalam meningkatkan produktivitas mesin bubutnya.
- b. Hasil uji pengaruh putaran spindel terhadap kekasaran permukaan benda kerja semua nilai masuk dalam daerah toleransi untuk proses freis (25 s.d 0.4 μm).
- c. Dengan tambahan alat yang dibuat, mesin bubut bersangkutan selain dapat melakukan proses bubut juga dapat mengerjakan proses freis. Jenis proses freis yang dapat dilakukan adalah freis muka.
- d. Alat bantu cekam yang dibuat diharapkan dapat dimanfaatkan oleh bengkel produksi atau industri kecil yang tidak memiliki mesin freis untuk meningkatkan produktivitas mesin bubutnya, sehingga diharapkan dapat menambah pendapatan mereka.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan pada DP2M DIKTI melalui DIPA Universitas Sriwijaya atas bantuan penuh dana pelaksanaan penelitian ini (Penelitian Hibah Strategis Nasional Tahun 2009).

Daftar Pustaka

- [1]. Carr Lane Mfg. Co, Jig and Fixture Handbook, Second Edition, Carr Lane Mfg. Co, St. Louis, Missouri, USA, 1995, p.75 & 268.
- [2]. David A. Stephenson, John S. A, Metal Cutting Theory and Practice, Marcell Bekker inc, Medison Avenue, New York, 1998, p.86.
- [3]. Diemolding Co,<http://www.diemolding.com>, 2009.
- [4]. Duncan Tool, Inc, <http://www.duncantool.com>, 2009.
- [5]. Edward G. H., Jigs and Fixture Design Manual, Delmar Publishers, 4th edition, USA, 1996, p. 93.
- [6]. Geoffrey Boothroyd, "Fundamental of Metal Machining & Machine Tool", Scripta Book Company, Washington D.C, 1997, p. 35.
- [7]. P.H. Joshi, Jigs and Fixture Design Manual, Mc.Graw Hill, second Edition, USA, 2003, p.117-124.
- [8]. Rochim Taufiq, Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik, Jilid 1, Penerbit ITB, Bandung, 2001, p.56, 65, 67.
- [9]. Rochim Taufiq, Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan, Buku 1, Penerbit ITB, Bandung, 2007, p. 40 & 44.
- [10]. Robert L. Norton, Machine Design, Prentice-Hall International, Inc, USA, 1996, p. 79 & 99.
- [11]. Rojikin, Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Unsri, Indonesia. 2009.
- [12]. Sukriyadi Erwan, Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Unsri, Indonesia. 2009.
- [13]. Yanis M., Studi Pengaruh Kondisi Pemesinan terhadap Daya dan Kekasaran Permukaan pada Proses Up Milling dan Down Milling, Jurnal Rekayasa Mesin No. 2 Vol. 7, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Unsri, September 2007.

