

Bidang Ilmu: Teknik Industri

Usul Penelitian Dasar

Pengembangan Strategi Pemesinan Bentuk Rongga Segitiga
untuk Mengurangi Waktu Pemesinan



Disusun oleh:
Mochammad Chaeron

Di biayai oleh UPN "Veteran" Yogyakarta
sesuai dengan surat perjanjian Nomor:

**FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN USUL PENELITIAN

Judul Penelitian : Pengembangan Strategi Pemesinan Bentuk Rongga Segitiga untuk Mengurangi Waktu Pemesinan

Cakupan Bidang Ilmu : Teknik Industri

Arah Riset : Pengembangan Ilmu

Ketua Peneliti

a. Nama lengkap : Mochammad Chaeron, S.T., M.T.

b. Jenis kelamin : Laki-laki

c. Golongan/pangkat : Penata/IIIC

d. Jabatan Fungsional : Lektor

e. Fakultas/Jurusan : Teknik Industri/Teknik Industri

Jumlah Tim Peneliti

a. Nama anggota Peneliti : Dr. Apriani Soepardi, S.TP., M.T.

Lokasi Penelitian : Yogyakarta

Lama Penelitian : 6 bulan

Biaya yang diperlukan :

a. Sumber UPN : Rp 10.000.000,00

b. Sumber lain : Rp

Jumlah : Rp 10.000.000,00

Yogyakarta, 26 Maret 2019
Ketua Peneliti

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Industri

(Dr. Sadi, S.T., M.T.)
NIK. 2 7103 98 0194 1

(Mochammad Chaeron, S.T., M.T.)
NIK. 2 7007 98 0195 1

Menyetujui
a.n. Plt. Dekan Fakultas Teknik Industri
Wadek Bidang Akademik

(Dr. Apriani Soepardi, S.TP., M.T.)
NIK. 2 7311 97 0141 1

a. Judul

Pengembangan Strategi Pemesinan Bentuk Rongga Segitiga untuk Mengurangi Waktu Pemesinan

b. Bidang Ilmu

Teknik Industri/Rekayasa Sistem Manufaktur

c. Pendahuluan

Operasi yang paling banyak dijumpai dalam pemesinan part-part logam adalah operasi pemesinan bentuk rongga (*pocket*), yaitu membuang semua material yang terdapat di dalam suatu batas (*boundary*) tertutup pada permukaan datar benda kerja sampai ke kedalaman tertentu (Kramer, 1992 dan Arya, *et al.*, 2001). Bentuk rongga merupakan fitur khusus yang banyak dijumpai pada proses pemesinan di perusahaan pembuat *mould* dan *dies* serta industri pesawat terbang (Bieterman & Sandstrom, 2003). Daya saing perusahaan pembuat *mould* dan *dies* sangat ditentukan oleh kemampuan dalam memenuhi waktu penyelesaian pesanan. Karena itulah usaha-usaha untuk memperpendek waktu pemesinan selalu menjadi perhatian utama.

Terdapat dua strategi pemesinan di dalam proses pemesinan bentuk rongga yaitu strategi *contour parallel* dan *direction parallel*. Masing-masing strategi memiliki kelebihan dan kekurangan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan strategi pemesinan, yang mampu menghindari kekurangan dan mengambil kelebihan dari dua strategi pemesinan yang telah ada, sedemikian sehingga mampu memberikan waktu pemesinan yang lebih pendek. Metode dan langkah-langkah pendekatan yang digunakan dalam pencapaian tujuan penelitian adalah

sebagai berikut: menggunakan perangkat lunak *AUTOCAD* untuk memodelkan lintasan pahat; menggunakan perangkat lunak *MASTERCAM* untuk mensimulasikan gerakan pahat; menerapkan persamaan-persamaan trigonometri untuk membuat model matematis lintasan pahat;

Hasil penelitian ini nantinya dapat dimanfaatkan untuk membantu pihak atau instansi yang bergerak dalam bidang manufaktur terutama yang menghasilkan komponen logam melalui proses pemesinan, yaitu memberikan strategi pemesinan alternatif (baru) untuk pemesinan bentuk rongga yang memberikan waktu pemesinan lebih pendek. Dengan itu diharapkan dapat meningkatkan daya saing perusahaan dari segi waktu penyelesaian maupun harga karena dalam proses pemesinan minimasi biaya pemesinan dapat dicapai dengan salah satunya melalui minimasi waktu pemesinan. Manfaat yang lain adalah memberikan sumbangan terhadap pengembangan ilmu pengetahuan yaitu inovasi/terobosan baru dalam bidang teknologi manufaktur yaitu pemanfaatan asas-asas matematik untuk memodelkan lintasan pahat terutama dalam pemesinan bentuk rongga segitiga.

d. Tinjauan Pustaka.

Faktor terpenting dalam pemesinan bentuk rongga adalah ukuran pahat karena semua faktor yang lain tergantung pada ukuran pahat (Kyoung, *et al.*, 1997). Di sisi lain, penentuan ukuran pahat untuk pemesinan bentuk rongga seringkali bukanlah masalah yang mudah karena beberapa alasan (Veeramani dan Gau, 1997). Pertama, ada banyak kandidat pahat yang dapat dipakai untuk melakukan pemesinan. Kedua, isu-isu pemotongan berlebih (*gauging*) dan toleransi perlu

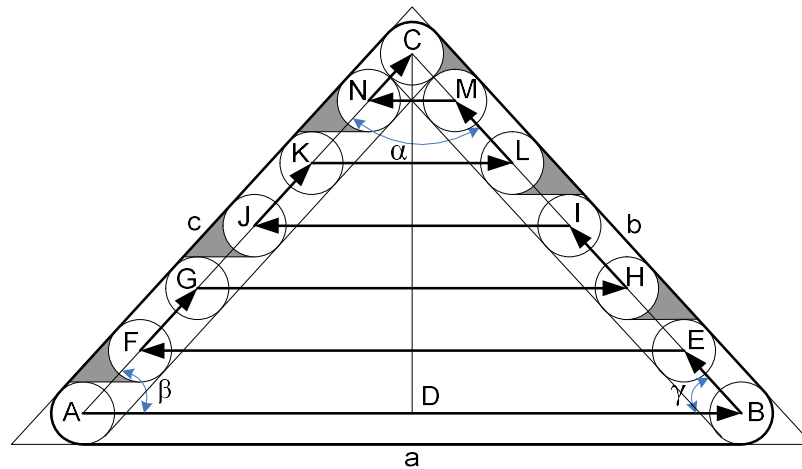
diperhatikan selama penentuan ukuran pahat. Ketiga, prosedur penentuan ukuran pahat harus memperhatikan ukuran-ukuran yang tersedia dalam persediaan pahat.

Tugas perencana proses selanjutnya, setelah ukuran pahat diperoleh, adalah membangkitkan lintasan pahat. Ada dua strategi pemesinan yang banyak dipakai di dalam pembangkitan lintasan pahat untuk pemesinan bentuk rongga, yaitu *contour parallel* dan *direction parallel* (Arkin *et al.*, 2000). Kedua strategi tersebut, *direction parallel* dan *contour parallel*, masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Strategi pemesinan *direction parallel*. Secara garis besar, strategi *direction parallel* memungkinkan lintasan pahat tanpa *overlap* tapi menyisakan *scallop* di sepanjang sisi bentuk rongga (Veeramani dan Gau, 1997). Pemesinan *pocket* segitiga dengan strategi *direction parallel* dapat dilihat pada Gambar 1. Strategi ini memungkinkan pemesinan dilakukan tanpa *overlap* tapi memerlukan lintasan tambahan untuk memotong *scallop* yang tersisa pada *boundary* (daerah terarsir pada Gambar 1). Untuk membangkitkan lintasan pahat, pertama dilakukan *offset* ke dalam sejauh setengah diameter pahat. Hasil *offset* adalah segitiga ABC. Selanjutnya ditarik garis-garis yang sejajar dengan sisi terpanjang segitiga. Karena pemesinannya dapat tanpa *overlap* maka jarak antar garis sejajar tersebut sama dengan diameter pahat. Dari Gambar 1 terlihat bahwa lintasan pahatnya terdiri dari 3 bagian yaitu:

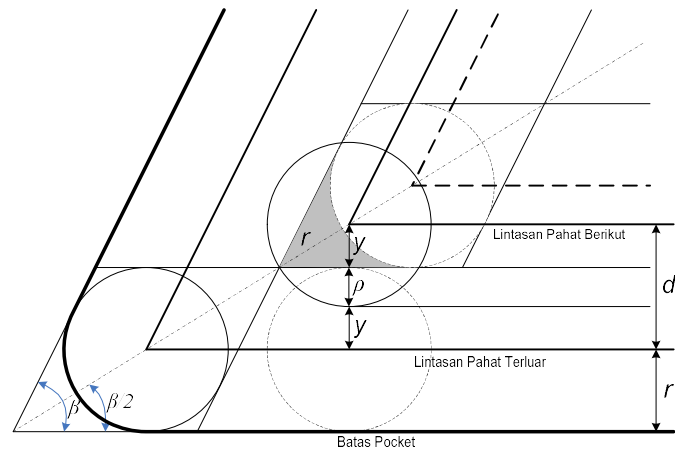
1. Bagian mendatar (AB, EF, GH dan seterusnya)
2. Bagian menaik (BE, FG, HI dan seterusnya)

3. Bagian untuk menghilangkan *scallop* di sepanjang *boundary pocket* (AC, BC)



Gambar 1. Pemesinan *pocket* segitiga dengan strategi *direction parallel*

Strategi pemesinan *contour parallel*. Strategi *contour parallel* memungkinkan lintasan pahat yang bebas *scallop* di sepanjang sisi bentuk rongga tapi membutuhkan *overlap* antar lintasan untuk menghindari daerah sisa di tengah-tengah daerah bentuk rongga (Kyoung, *et al.*, 1997). Besarnya *overlap* tergantung pada besar sudut terkecil pada segitiga. Pembangkitan lintasan pahat dilakukan dengan, pertama melakukan *offset* ke arah dalam segitiga sejauh setengah diameter pahat. Hasil *offset* tersebut adalah segitiga ABC (Gambar 1.). Selanjutnya dilakukan lagi *offset* ke dalam terhadap segitiga ABC tersebut sejauh d untuk menghindari timbulnya daerah sisa di tengah-tengah bentuk rongga (Gambar 2.). Proses *offsetting* dilakukan terus sampai seluruh daerah bentuk rongga tercover.

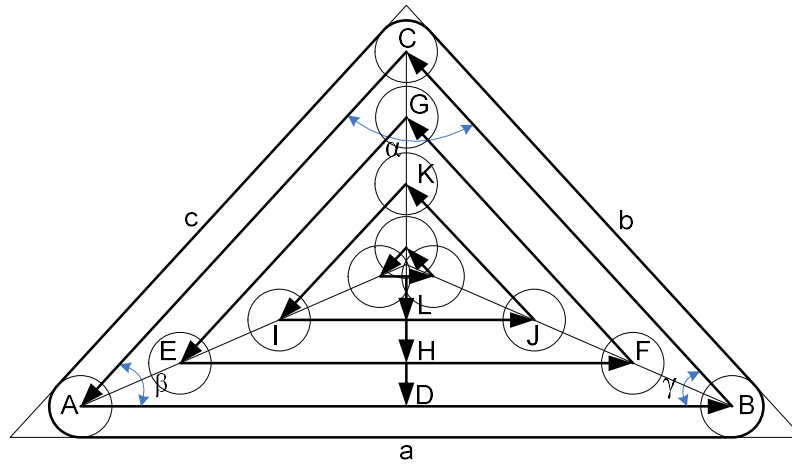


Gambar 2. *Overlap* untuk menghindari daerah sisa

Pemesinan *pocket* segitiga dengan strategi *direction parallel* dapat dilihat pada Gambar 3, dimana terlihat bahwa lintasan pahatnya terdiri dari dua bagian yaitu:

1. Bagian yang mengelilingi (sejajar) *boundary pocket* (ABC, EFG, IJK dan seterusnya)
2. Bagian yang menghubungkan bagian-bagian yang sejajar batas *pocket* (DH, HL dan seterusnya)

Strategi pemesinan yang berbeda akan memberikan panjang lintasan pahat yang berbeda pula. Sejak panjang lintasan pahat berbanding lurus dengan waktu pemesinan dan kebanyakan fungsi tujuan dalam optimasi proses pemesinan adalah minimasi waktu pemesinan, maka perencana proses harus membangkitkan lintasan pahat sedemikian sehingga panjang lintasan pahat seminimal mungkin. Hal tersebut dapat dicapai jika lintasan pahat mampu mengcover keseluruhan daerah bentuk rongga (tanpa daerah sisa) dengan *overlap* antar lintasan pahat seminimal mungkin.



Gambar 3. Pemesinan *pocket* segitiga dengan strategi *contour parallel*

e. Kontribusi Penelitian.

Pada peta penelitian mengenai pemesinan bentuk rongga, strategi pemesinan yang dipakai terbagi dalam dua kelompok besar yaitu strategi *direction parallel* dan *contour parallel*. Pada prakteknya, kedua strategi tersebut masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Belum ada penelitian yang membahas bagaimana mengeliminasi kekurangan yang ada pada kedua strategi tersebut di atas. Penelitian ini mencoba mengisi celah tersebut dan menghasilkan strategi pemesinan baru. Penelitian terkait pemesinan bentuk rongga yang telah kami lakukan terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Peta penelitian

| No. | Penelitian | Strategi Pemesinan | Kontribusi |
|-----|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. | Chaeron (2004a) | Contour parallel, multi pahat | Penentuan kombinasi pahat optimal |
| 2. | Chaeron (2004b) | Contour parallel, multi pahat | Penentuan kombinasi pahat optimal |
| 3. | Chaeron (2006) | Direction parallel, pahat tunggal | Pemodelan matematik lintasan pahat |

Tabel 1. Peta Penelitian (Lanjutan)

| No. | Penelitian | Strategi Pemesinan | Kontribusi |
|-----|---------------------|---|--|
| 4. | Soepardi dkk (2010) | Contour parallel, multi pahat, <i>dynamic programming</i> | Penentuan kombinasi pahat optimal |
| 5. | Chaeron dkk (2012) | Strategi baru | Menggabungkan kelebihan dua strategi |
| 6. | Usulan | Strategi baru | Memperbaiki Chaeron dkk (2012) sehingga memberikan waktu pemesinan yang lebih cepat. |

Daftar pustaka

- Arya, S., Cheng, S.W., Mount, D.M., 2001, Approximation Algorithms for Multiple-Tool Milling, *International Journal of Computational Geometry and Applications*, 11, 339-372.
- Bieterman, M.B., Sandstrom, D.R., 2003, A Curvilinear Tool-Path Method for Pocket Machining, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol. 125, 709-715
- Chaeron, M., 2004(a), *Minimasi Waktu Pemesinan Bentuk Rongga Menggunakan Multi Pahat*, Laporan Penelitian LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta
- Chaeron, M., 2004(b), Penentuan Kombinasi Pahat Optimal untuk Pemesinan Multi Pahat Bentuk Rongga (Pocket), *Jurnal Teknologi Industri*, Vol. VIII, No. 1, (Januari 2004)
- Chaeron, M., 2006, Model Analitis Panjang Lintasan Pahat untuk Pemesinan Bentuk Rongga (Pocket) Segitiga, *Jurnal Teknologi Industri*, Vol. X, No. 3, (Juli 2006)
- Chaeron, M., Wahyuaji, B.S., Soepardi A., 2012, *Strategi Baru untuk Pemesinan Bentuk Rongga (Pocket) Segitiga*, Prosiding Industrial Engineering Conference 2012
- Kramer, T.R., 1992, Pocket Milling with Tool Engagement Detection, *Journal of Manufacturing System*, Vol. 11, No. 2, pp. 114-123.
- Kyoung, Y.M., Cho, K.K., Jun, C.S., 1997, Optimal Tool Selection for Machining in Process Planning, *Computers Industrial Engineering*, Vol. 33, No. 3-4, pp. 505-508
- Purcell, Edwin J., Varberg, D., 1996, *Kalkulus dan Geometry Analitis*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta
- Soepardi, A., Chaeron, M., Aini, F.L., 2010, *Optimization problems related to triangular pocket machining*, Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2010 IEEE International Conference on, 562-565
- Veeramani, D., Gau, Y.S., 1997, Selection of an Optimal Set of Cutting-Tool for Triangular Pocket, *International Journal of Production Research*, Vol.35,

No. 9, pp. 2621-2637.

f. Metode Penelitian.

Materi utama yang menjadi dasar penelitian ini merupakan hasil studi literatur mengenai pemesinan bentuk rongga. Metode penelitian yang digunakan adalah metode teoritis, pengembangan strategi pemesinan dan studi kasus melalui contoh numeris, simulasi dan/atau uji laboratorium. Sesuai dengan asas metode teoritis, penelitian dilakukan dengan bersandar pada hasil studi literatur terhadap karya-karya ilmiah yang telah dihimpun, yang berkaitan dengan proses pemesinan bentuk rongga (*pocket*).

Untuk mencapai tujuan penelitian, diperlukan pemahaman mengenai karakteristik pemesinan menggunakan mesin CNC milling, strategi pemesinan-strategi pemesinan yang ada untuk pemesinan bentuk rongga, metode-metode pembangkitan lintasan pahat dan asas-asas trigonometri segitiga untuk pemodelan lintasan pahat. Dalam pengembangan strategi, penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu:

1. Tahap pengumpulan data.

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan data panjang lintasan pahat dari strategi pemesinan bentuk rongga yang eksis saat ini. Data tersebut diperoleh melalui:

- memodelkan lintasan pahat secara grafis dengan perangkat lunak AUTOCAD
- memodelkan lintasan pahat secara matematis menggunakan asas-asas trigonometri

- mensimulasikan gerakan pahat sesuai lintasan pahat terkait menggunakan perangkat lunak MASTERCAM.

2. Tahap pengembangan strategi.

Tahap ini dilakukan dengan menggabungkan semua kelebihan yang ada pada strategi pemesinan bentuk rongga yang eksis saat ini untuk meminimasi *scallop* (daerah sisa) dan *overlap*. Selanjutnya seperti pada tahap pengumpulan data, lintasan pahat dari strategi pemesinan hasil pengembangan dimodelkan secara grafis, matematis dan disimulasikan.

3. Tahap Analisis.

Pada tahap ini dilakukan analisis atau interpretasi berdasarkan hasil yang diperoleh pada tahap pengolahan data dan tahap pengembangan strategi melalui perbandingan aspek panjang lintasan pahat dan aspek-aspek pemesinan lain yang terkait .

g. Jadwal Pelaksana

Tabel 2. Jadwal Pelaksanaan

| No. | Kegiatan | Bulan | | | | | |
|-----|--|-------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Persiapan | | | | | | |
| 2. | Pelaksanaan | | | | | | |
| | a. Studi Literatur | | | | | | |
| | b. Pengumpulan Data | | | | | | |
| | c. Pengembangan Strategi dan pembentukan model matematika panjang lintasan pahat | | | | | | |
| | d. Analisis | | | | | | |
| 3. | Pelaporan | | | | | | |

h. Rincian Anggaran

Tabel 3. Rekapitulasi biaya penelitian

| No. | Uraian | Jumlah (Rp) |
|-----|-------------------------------------|-------------|
| 1. | Gaji dan Upah (honorarium peneliti) | 960.000 |
| 2. | Operasional | 6.500.000 |
| 3. | Lain-lain | 2.540.000 |
| | Jumlah Biaya | 10.000.000 |

Tabel 4. Rincian honorarium peneliti

| No. | Waktu penelitian/ bulan/orang | Jumlah | Biaya satuan (Rp) | Biaya (Rp) |
|-----|----------------------------------|--------|----------------------|---------------|
| 1. | 16 jam | 96 jam | 10.000 | 960.000 |

Tabel 5. Rincian operasional

| No. | Kegiatan | Jumlah | Biaya satuan (Rp) | Biaya (Rp) |
|-----|--|--------|----------------------|---------------|
| 1. | Memodelkan lintasan pahat secara grafis dengan perangkat lunak AUTOCAD | 10 | 200.000 | 2.000.000 |
| 2. | Memodelkan lintasan pahat secara matematis menggunakan asas-asas trigonometri | 10 | 200.000 | 2.000.000 |
| 3. | Mensimulasikan gerakan pahat sesuai lintasan pahat terkait menggunakan perangkat lunak MASTERCAM | 10 | 200.000 | 2.000.000 |
| 4. | Pembentukan model matematika panjang lintasan pahat | 1 | 300.000 | 300.000 |
| 5. | Penggandaan laporan | 2 | 100.000 | 200.000 |
| | Jumlah biaya | | | 6.500.000 |

Tabel 6. Rincian lain-lain

| No. | Uraian Kegiatan | Volume | Biaya satuan (Rp) | Biaya (Rp) |
|-----|---------------------------------|--------|-------------------|------------|
| 1. | Submit konferensi internasional | 1 | 2.500.000 | 2.560.000 |
| | Jumlah biaya | | | 2.560.000 |

PERSONALIA PENELITIAN

a. Ketua peneliti

- i. Nama lengkap dan gelar : Mochammad Chaeron, S.T., M.T.
- ii. Golongan/Pangkat dan NIP/NPY : IIC/Penata dan 2 7007 98 0195 1
- iii. Jabatan fungsional : Lektor
- iv. Fakultas/Program Studi : Teknik Industri/Teknik Industri
- v. Bidang keahlian : Rekayasa Sistem Manufaktur
- vi. Waktu untuk penelitian ini : 4 jam/minggu

b. Anggota peneliti

- i. Nama lengkap dan gelar : Dr. Apriani Soepardi, S.TP., M.T.
- ii. Golongan/Pangkat dan NIP/NPY : IVA/Pembina dan 2 7311 97 0141 1
- iii. Jabatan fungsional : Lektor
- iv. Fakultas/Program Studi : Teknik Industri/Teknik Industri
- v. Bidang keahlian : Manajemen Energi
- vi. Waktu untuk penelitian ini : 4 jam/minggu