

APLIKASI EFISIENSI PEMOTONGAN PROSES DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE*

Charles S.C. Punuhsingon, Johan S.C. Neyland

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah suatu produk dari material logam (komponen mesin) menjadi produk jadi atau setengah jadi dengan cara memotong. Proses pemotongan logam dengan menggunakan pahat potong yang dipasangkan pada mesin perkakas disebut proses pemesinan. Didalam suatu proses pemesinan diperlukan adanya suatu sistem pengambilan keputusan dengan memanfaatkan teknologi komputasi atau teknologi informasi (komputer) yang akhir-akhir ini berkembang dengan pesat.

Dalam penulisan ini direncanakan proses pemesinan berdasarkan data yang dipilih/diatur sesuai dengan kondisi pemotongan untuk proses mengefreis. Data tersebut digunakan untuk menentukan elemen dasar proses, pembentukan geram, efisiensi pemesinan dan energi pemotongan spesifik pada proses pemesinan freis datar dan tegak. Berdasarkan perencanaan proses mengefreis yang dilakukan dibuatkan model dengan cara UML (*Unified Modeling Language*) kemudian dilakukan rekayasa pembuatan (*software*) dengan menggunakan bahasa pemrograman yang berorientasi obyek aplikasi *Smalltalk*.

Hasil yang diperoleh dari pembuatan ini yaitu berupa aplikasi perhitungan untuk menentukan elemen dasar proses, pembentukan geram, efisiensi pemesinan dan energi pemotongan spesifik dari proses mengefreis datar.

Kata kunci : Proses mengefreis, Pemodelan, *Software*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam Industri manufaktur terdapat berbagai macam proses pemesinan diantaranya proses mengefreis. Proses mengefreis merupakan salah satu proses pemotongan logam yang mengubah material logam menjadi sebuah produk jadi atau setengah jadi. Variabel-variabel dalam proses pemotongan logam sangat memegang peran penting dalam membuat produk lebih efisien diantaranya adalah daya pemotongan dan efisiensi pemotongan. Proses mengefreis harus memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi agar mampu mengikuti perubahan kondisi, kebutuhan dan permintaan pembuatan produk dengan cepat. Salah satu cara mewujudkan hal tersebut dapat memanfaatkan bantuan teknologi komputasi atau teknologi informasi (komputer) yang akhir-akhir ini perkembangannya sangat pesat.

Pemodelan berorientasi obyek merupakan bahasa pemodelan yang paling banyak digunakan pada pembuatan perangkat lunak. Model ini memanfaatkan obyek, dimana obyek-obyek di dunia nyata

dimodelkan sebagai suatu konsep yang diimplementasikan dalam bentuk perangkat lunak. Bahasa pemrograman orientasi sebagai implementasi dari pemodelan berorientasi obyek adalah bahasa pemrograman berorientasi obyek, salah satunya saat ini dikenal bahasa pemrograman berorientasi obyek *Smalltalk*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan hal tersebut diatas maka penulisan ini dilatarbelakangi adanya keinginan untuk membuat *software* untuk aplikasi efisiensi pemotongan pada proses mengefreis datar

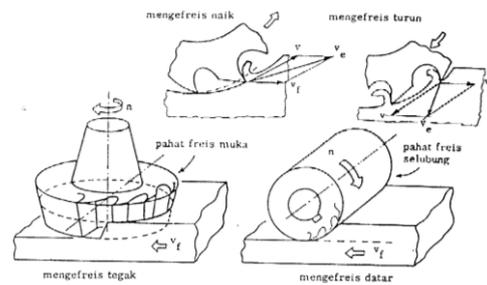
1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang maka tujuan penulisan ini adalah :

1. Melakukan perencanaan proses mengefreis.
2. Membuat model dengan cara UML untuk aplikasi efisiensi pemotongan proses mengefreis.
3. Membuat *software* aplikasi efisiensi pemotongan proses mengefreis datar.

1.4 Batasan Masalah

1. Perencanaan proses pemesinan hanya membahas elemen dasar proses, pembentukan geram, efisiensi pemotongan dari proses mengefreis datar.
2. Pemodelan yang dilakukan dengan cara UML.
3. *Software* yang dibuat dibatasi pada obyek proses mengefreis datar untuk aplikasi efisiensi pemotongan dengan bahasa pemrograman *Smalltalk*.



Gambar 2.1. Jenis pahat freis (Rochim,1985)

2. Landasan Teori

2.1 Elemen Dasar Proses Pemesinan

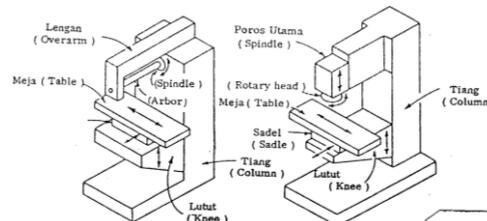
Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi geometris suatu produk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis proses pemesinan yang telah disinggung diatas harus dipilih sebagai suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuatnya. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran obyektif ditentukan dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif tersebut dicapai.

Hal ini dilaksanakan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong) dan selain itu setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. Situasi seperti ini timbul pada setiap perencanaan proses pemesinan dengan demikian dapat dikemukakan lima elemen dasar proses pemesinan, yaitu:

1. Kecepatan potong
2. Kecepatan makan
3. Kedalaman
4. Waktu pemotongan
5. Kecepatan penghasilan geram.

2.2 Proses Mengefreis (Milling)

Dua jenis utama dari pahat freis (*milling cutter*) adalah pahat freis selubung/mantel (*slab milling cutter*) dan pahat freis muka (*face milling cutter*). Pahat freis termasuk pahat bermata potong jamak dengan jumlah mata potong sama dengan jumlah gigi freis (z). sesuai dengan jenis pahat yang digunakan, dikenal dua macam cara yaitu, mengefreis datar (*slab milling*) dengan sumbu putaran pahat freis selubung sejajar permukaan benda kerja, dan mengefreis tegak (*face milling*) dengan sumbu putaran pahat freis muka tegak lurus permukaan benda kerja.



Gambar 2.2. Mesin freis jenis lutut (Rochim,1985)

Elemen-elemen dasar pada proses mengefreis dapat ditentukan dengan memperhatikan gambar 2.1. Dalam hal ini rumus yang digunakan berlaku bagi kedua cara mengefreis, mengefreis tegak atau mengefreis datar.

Benda kerja:

- w = lebar pemotongan; mm.
- ℓ_w = panjang pemotongan ; mm.
- a = kedalaman potong ; mm.

Pahat freis:

- d = diameter luar ; mm
- z = jumlah gigi ; buah
- K_r = sudut potong utama ; $^{\circ}$
= 90° untuk pahat freis selubung

Mesin freis:

- n = putaran poros utama ; r/menit
- v_f = kecepatan makan ; mm/menit.

Elemen dasar proses mengefreis sebagai berikut:

1. Kecepatan potong :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; \text{ m/menit} \dots \dots \dots (2.1)$$

2. Kecepatan makan:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n ; \text{ mm/menit} \dots \dots \dots (2.2)$$

3. Waktu pemotongan:

$$t_c = \frac{\ell_t}{v_f} ; \text{ menit} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

l_t = panjang pemesinan ; mm
 $l_t = l_v + l_w + l_n$ (2.4)

l_v = langkah pengawalan ; mm
 untuk mengefreis datar
 $l_v \geq \sqrt{a(d-a)}$ (2.5)

untuk mengefreis tegak
 $l_v \geq 0$ (2.6)

l_n = langkah pengakhiran ; mm
 untuk mengefreis datar
 $l_n \geq 0$ (2.7)

untuk mengefreis tegak
 $l_n = \frac{d}{2}$ (2.8)

4. Kecepatan penghasilan geram:

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000} ; \text{cm}^3/\text{min} \dots\dots\dots(2.9)$$

2.3 Gaya Potong dan Sudut Pemotongan

Rumus untuk gaya potong adalah:

$$F_v = \tau_{shi} \cdot A_m \cdot \frac{\cos(\eta - \gamma_0)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + \eta - \gamma_0)} ; \text{N} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

τ_{shi} = tegangan geser pada bidang geser;
 N/mm²

A_m = penampang geram rata-rata sebelum terpotong
 $= b \cdot h_m ; \text{mm}^2$

b = lebar pemotongan ; mm

h_m = tebal geram rata-rata sebelum terpotong ; mm

γ_0 = sudut geram ; °

ϕ = sudut geser ; °

η = sudut gesek ; °

Gaya potong tidak akan melebihi harga maksimum yang tercapai setelah bidang geser terbentuk dengan orientasi sebesar sudut geser ϕ relatif terhadap kecepatan potong. Karena gaya potong F_v merupakan fungsi dari sudut geser ϕ (persamaan 2.10), maka sudut geser maksimum dapat dicari dengan cara diferensiasi dan hasilnya disamakan dengan nol, sebagai berikut:

$$\phi = 45^\circ + \frac{\gamma_0}{2} - \frac{\eta}{2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Sudut gesek:

$$\eta = 90^\circ + \gamma_0 - 2\phi \dots\dots\dots(2.12)$$

Untuk proses mengefreis datar, dengan pahat freis selubung bergigi lurus tebal geram rata-rata sebelum pemotongan (h_m) dituliskan sebagai berikut:

$$h_m = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{d}} ; \text{mm} \dots\dots\dots(2.13)$$

Penampang geram rata-rata sebelum terpotong

$$A_m = b \cdot h_m ; \text{mm}^2 \dots\dots\dots(2.14)$$

2.4 Daya dan Efisiensi Pemotongan

Untuk proses mengefreis, daya pemotongan akan berfluktuasi sesuai dengan fluktuasi gaya tangensial/ momen puntir pada pahat freis, oleh sebab itu diambil harga rata-ratanya, yaitu :

$$N_{ct} = \frac{F_v \cdot v}{60.000} ; \text{kW} \dots\dots\dots(2.15)$$

daya pemotongan tersebut diatas adalah daya yang terpakai dalam proses pembentukan geram. Selain daya pemotongan, motor mesin perkakas juga harus memikul daya yang hilang untuk menggerakkan komponen mesin dan karena gesekan dalam sistem transmisi daya pada mesin perkakas yang bersangkutan. Maka daya yang dipakai dalam proses pemesinan adalah:

$$N_{mc} = N_{ct} + N_{ml} ; \text{kW} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

N_{mc} = daya pemesinan, yang dapat diukur dengan watt meter; kW

N_{ct} = daya potong; kW

N_{ml} = daya hilang; kW
 $= 15\% \times N_{mn} ; \text{kW} \dots\dots\dots(2.17)$

N_{mn} = daya nominal, tertulis pada motor listrik ; kW.

Oleh karena itu efisiensi pemesinan adalah:

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.18)$$

Efisiensi pemesinan berkisar dari 20% sampai dengan 75 %, tergantung pada jenis proses dan kondisi pemotongan. Semakin berat kondisi pemotongan (penampang geram yang besar atau kecepatan penghasilan geram yang tinggi) umumnya efisiensi pemesinan akan tinggi. Selain menghitung efisiensi pemesinan, maka kondisi suatu proses pemesinan dapat pula dinilai berdasarkan energi pemotongan

spesifik. Untuk proses mengefreis dapat digunakan persamaan:

$$E_{sp} = \frac{N_{ct}}{Z} 60.000 ; \text{ J/cm}^3 \dots\dots(2.19)$$

Jenis proses pemesinan, kondisi pemotongan yang digunakan dan energi pemotongan spesifik merupakan karakteristik material benda kerja. Oleh sebab itu seringkali dipakai sebagai salah satu ukuran dalam menentukan tingkat kemudahan material benda kerja untuk dibentuk dalam proses pemesinan.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi : Teknik Mesin Fakultas Teknik.
Waktu : Tanggal 10 April 2007 sampai dengan 10 Juli 2007.

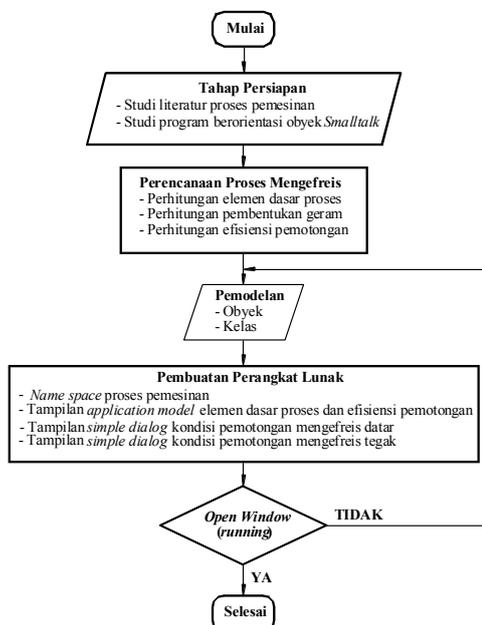
3.2 Bahan dan Peralatan

Kebutuhan bahan dan peralatan adalah:

- Satu unit *Personal Computer*
- Bahasa pemrograman *Smalltalk*.

Sifat terapan maka tidak memiliki bahan dan peralatan secara fisik.

3.2 Prosedur Penelitian



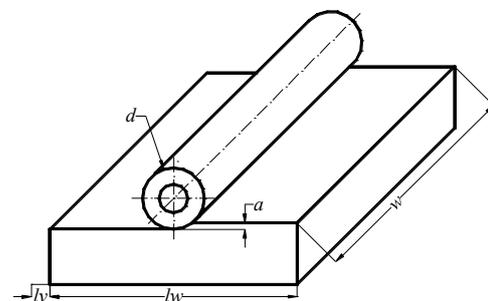
Gambar 3.1 Prosedur penulisan

3.4 Pengolahan Data

Untuk meratakan balok baja dengan tegangan maksimum $\sigma_u = 450 \text{ N/mm}^2$

digunakan proses mengefreis datar dengan pahat freis selubung bergigi lurus. Data dari kondisi pemotongan direncanakan sebagai berikut:

1. Panjang pemotongan
 $l_w = 200 \text{ m}$
2. Lebar pemotongan
 $w = 180 \text{ mm}$
3. Diameter luar
 $d = 50 \text{ mm}$
4. Jumlah gigi
 $z = 6 \text{ buah}$
5. Putaran poros utama
 $n = 150 \text{ r/menit}$
6. Gerak makan bergigi
 $f_z = 0,1 \text{ mm/gigi}$
7. Kedalaman potong
 $a = 5 \text{ mm}$
8. Sudut heliks
 $\lambda_s = 0^\circ$
9. Sudut geram
 $\gamma_o = 6^\circ$
10. Sudut potong utama
 $K_r = 90^\circ$
11. Ratio pemampatan tebal geram
 $\lambda_h = 1,50 (\lambda_h > 1)$.
12. Daya nominal
 $N_{mn} = 5 \text{ kW}$



Gambar 3.2 Benda kerja proses mengefreis datar

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengamatan

Berdasarkan pengolahan data perencanaan proses pemesinan, khususnya proses mengefreis, maka hasil pengamatan dapat diketahui dengan melakukan perhitungan elemen dasar proses, pembentukan geram dan efisiensi pemotongan dari proses mengefreis datar.

4.1.1 Perhitungan Elemen Dasar Proses

Elemen dasar dari proses mengefreis datar dan proses mengefreis tegak dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan persamaan pada bab II.

1. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 150}{1000} = 23,562 \text{ m/menit}$$
2. Kecepatan makan

$$v_f = (0,1) \cdot 6 \cdot 150 = 90 \text{ mm/menit}$$
3. Langkah pengawalan

$$\ell_v = \sqrt{5(50 - 5)} = 15 \text{ mm}$$
4. Panjang pemesinan

$$\ell_n = 0$$

$$\ell_t = 15 + 200 + 0 = 215 \text{ mm}$$
5. Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{215}{90} = 2,389 \text{ menit}$$
6. Kecepatan penghasilan geram

$$Z = \frac{90 \cdot 5 \cdot 180}{1000} = 81 \text{ cm}^3/\text{menit}$$

4.1.2 Perhitungan Pembentukan Geram

Pembentukan geram dari proses mengefreis datar dan proses mengefreis tegak dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan persamaan pada bab II.

1. Sudut geser

$$\phi = \arctan\left(\frac{\cos 6}{1,5 - \sin 6}\right) = 35,5^\circ$$
2. Sudut gesek

$$\eta = 90^\circ + 6 - 2(35,5) = 25^\circ$$
3. Tebal geram rata-rata sebelum terpotong

$$h_m = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{5}{50}} = 0,032 \text{ mm}$$
4. Penampang geram rata-rata sebelum terpotong

$$A_m = 180 \cdot (0,032) = 5,692 \text{ mm}^2$$

5. Tegangan geser

$$\tau_{shi} = \frac{1}{2} \sigma_u = \frac{1}{2} \cdot 450 = 225 \text{ N/mm}^2$$

6. Gaya Potong

$$F_v = 225 \cdot (5,692).$$

$$\frac{\cos(25-6)}{\sin 35,5 \cdot \cos(35,5 + 25 - 6)}$$

$$= 3591 \text{ N}.$$

4.1.3 Perhitungan Efisiensi Pemotongan

Efisiensi pemotongan dari proses mengefreis datar dapat diketahui atau dihitung dengan persamaan pada bab II.

1. Daya Potong

$$N_{ct} = \frac{(3591) \cdot (23,562)}{60.000}$$

$$= 1,410 \text{ kW}$$

2. Daya Hilang (*power loss*)

$$N_{ml} = 5 \cdot (15\%) = 0,750 \text{ kW}$$

3. Daya Pemesinan

$$N_{mc} = 1,410 + 0,750 = 2,160 \text{ kW}$$

4. Efisiensi Pemesinan

$$\eta = \frac{1,410}{2,160} \cdot 100\% = 65,278\%$$

5. Energi Pemotongan Spesifik

$$E_{sp} = \frac{1,410}{81} \cdot 60.000$$

$$= 1044 \text{ J/cm}^3.$$

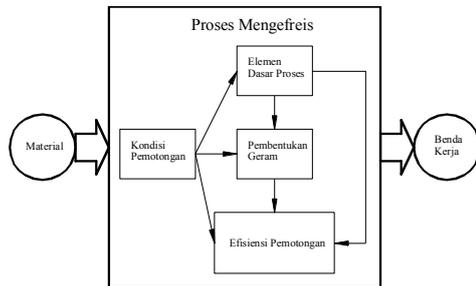
4.2 Hasil Pengolahan Data

Sebelum membuat suatu *software*, terlebih dahulu dibuat pemodelannya. Berdasarkan data dan hasil pengamatan yang telah dibahas sebelumnya, dibuat pemodelan dengan prinsip UML (*Unified Modeling Language*) untuk proses pemesinan mengefreis. Tahap pemodelan ini dilakukan untuk mempermudah pembuatan *software*, memperjelas masalah-masalah yang harus diatasi dalam pembuatan perangkat lunak, dan menyamakan persepsi antara pembuat perangkat lunak dengan penggunaannya sehingga ketidaksesuaian antara keduanya yang mungkin terjadi setelah perangkat lunak tersebut dibuat dapat diminimumkan.

4.2.1 Pemodelan

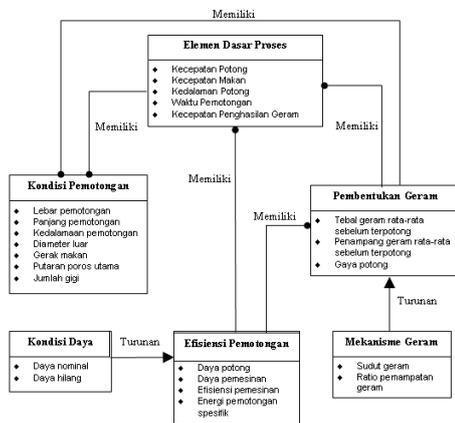
Pemodelan proses mengefreis menggambarkan dan menerangkan sistem kelas yang ada di model, yaitu elemen dasar proses, pembentukan geram dan efisiensi

pemotongan, seperti diperlihatkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Obyek model dan aliran proses mengefrais

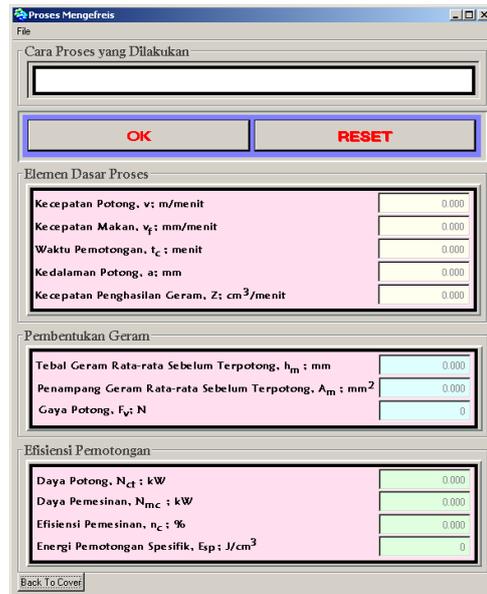
Obyek kelas-kelas dari model ini memiliki atribut dan fungsi/ metode yang diperlukan. Gambar 4.2 kelas dari obyek proses mengefrais datar.



Gambar 4.2 Strukur kelas dari proses mengefrais

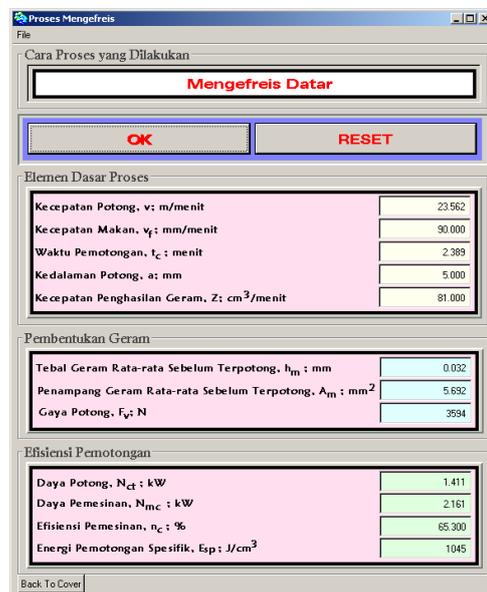
4.2.2 Software

Tampilan awal *software* yang dibuat berupa *application model* diperlihatkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Tampilan awal *software* proses mengefrais

Setelah pengisian data perencanaan untuk memperoleh elemen dasar proses, pembentukan geram, efisiensi pemesinan dan energi pemotongan spesifik mengefrais datar adalah seperti pada gambar 4.4.



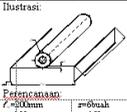
Gambar 4.4 *Software* mengefrais datar

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan diatas, elemen dasar proses pemesinan, pembentukan geram, efisiensi pemotongan proses mengefrais dapat ditentukan sesuai dengan data dari kondisi pemotongan, mekanisme geram dan kondisi kebutuhan daya proses pemesinan freis

datar. Hasil yang diperoleh ditabelkan seperti diperlihatkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan manual dari perencanaan proses dan hasil perhitungan perangkat lunak

DESKRIPSI	v (mm/ment)	Z (cm ³ /ment)	F_v (N)	N_{ct} (0/0)	η_c (%)	E_{pg} (J/cm ³)
1. Proses Mengefreis Datar						
Ilustrasi: 	23,362	81	3591	1,410	65,278	1044
Parameter: $r=30mm$ $a=18mm$ $d=30mm$ $\omega=600rpm$ $v=150rpm$ $f=0,1mm/putar$	23,362	81	3594	1,411	65,300	1045

- = Hasil perhitungan manual
- = Hasil perhitungan perangkat lunak

Dari hasil ini terjadi perbedaan hasil perhitungan manual dari perencanaan proses (warna kuning) dan hasil perhitungan *software* (warna biru muda). Kesalahan dapat ditentukan sebagai berikut:

- Gaya potong

$$F_v = \frac{3594 - 3591}{3594} \cdot 100 = 0,083 \%$$

- Daya potong

$$N_{ct} = \frac{1,411 - 1,410}{1,411} \cdot 100 = 0,071 \%$$

- Efisiensi pemesinan

$$\eta_c = \frac{65,300 - 65,278}{65,300} = 0,034 \%$$

Kesalahan yang terjadi tidak mencolok atau relatif kecil, hal ini terjadi disebabkan ada kesalahan pembulatan desimal perhitungan manual perencanaan proses.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

- (1) Perencanaan proses yang dilakukan berdasarkan proses pemesinan freis datar untuk menentukan elemen dasar proses, pembentukan geram, efisiensi pemesinan dan energi pemotongan spesifik dari proses mengefreis datar dan tegak.

- (2) Model yang dibuat dapat membangun program aplikasi proses mengefreis datar sehingga modularitas program sangat baik.
- (3) Hasil yang diperoleh dari pembuatan ini yaitu berupa *prototype software* untuk menentukan efisiensi pemotongan dari proses mengefreis datar.

5.2 Saran

- (1) Perlu penambahan pembuatan *software* agar mampu untuk perencanaan proses pemesinan lainnya, seperti proses membubut, menyekrap, proses menggurdi dan sebagainya.
- (2) Diharapkan ada pengembangan lebih lanjut dari *software* ini ke database sehingga hasil data yang diperoleh dapat disimpan dan digunakan kembali.

Daftar Pustaka

- Rochim, Taufiq. 2002. *Sistem Informasi*, Laboratorium Teknik Produksi Mesin ITB.
- Martawirya, Y.Y. 2002. *Modul Perencanaan Produksi*, Laboratorium Teknik Produksi Mesin ITB.
- Kuswardhana, Wawan. 2003. *Pemodelan Dan Pengembangan Perangkat Lunak Seksi Foundry Area Pasir Cetak Berdasarkan Konsep SPTM*. Tugas Akhir, ITB, Bandung.
- Apriandi, Ari. 2003. *Pemodelan Dan Pengembangan Perangkat Lunak Area JIG & Fixture Berdasarkan Konsep SPTM*. Tugas Akhir, ITB, Bandung.
- Hunt, John. *Smalltalk and Object Orientation*. JayDee Technology Ltd, : *An Introduction*, Hartham Park Corsham, Wiltshire, SN13 0RP United Kingdom.