

ALTERNATIF USULAN PROSES PRODUK *SILICON PLATE* UNTUK MEMINIMUMKAN WAKTU PEMESINAN DENGAN MENGGUNAKAN *CONSTRUCTIVE SOLID GEOMETRY (CSG)* DAN PARAMETER KECEPATAN PEMOTONGAN MAKSIMAL *

EDO PRASETYO, RISPIANDA, HENDRO PRASSETIYO

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: Prasetyoedo1525@gmail.com

ABSTRAK

Makalah ini membahas alternatif usulan proses produk Silicon Plate untuk meminimumkan waktu pemesinan menggunakan Constructive Solid Geometry (CSG) dan parameter kecepatan pemotongan maksimal. Pada tahap pemilihan urutan proses terbaik, urutan proses awal dibuat menggunakan Constructive Solid Geometry (CSG) sehingga menghasilkan 3 alternatif proses bagian atas dan 6 proses bagian bawah. Dengan urutan alternatif proses yang terbaik berdasarkan Constructive Solid Geometry (CSG), maka dapat mempengaruhi waktu setup sehingga dapat meminimumkan waktu proses pemesinan produk Silicon Plate.

Kata kunci: *Alternatif usulan proses, Constructive Solid Geometry (CSG), parameter kecepatan pemotongan maksimal*

ABSTRACT

This paper discusses the proposed alternative processes Silicon Plate products to minimize machining time using Constructive Solid Geometry (CSG) and the maximum cutting speed parameters. At this stage of the selection of the best process sequence, the order of the initial process created using Constructive Solid Geometry (CSG) to produce three alternative processes top and bottom 6 process. By order of the best alternative based Constructive Solid Geometry (CSG), it can affect the setup time so as to minimize the time of machining processes Silicon Plate products.

Keywords: *Alternative proposal process, Constructive Solid Geomotry (CSG), the maximum cutting speed parameter.*

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Pada saat perusahaan ingin memproduksi suatu produk, maka perusahaan perlu memperhatikan urutan proses pemesinannya. Urutan proses merupakan salah satu faktor untuk mempercepat proses pemesinan, karena dengan urutan proses dapat meminimumkan waktu *setup*, waktu proses untuk memproduksi suatu produk lebih cepat.

Perusahaan X saat ini tidak melakukan alternatif urutan proses. Pada dasarnya Alternatif urutan proses tidak ada tanpa *precedence constraints*. *Precedence constraints* merupakan suatu set kendala yang berkaitan dengan hubungan predesesor-suksesor antar beberapa operasi (Nugraha, 2005). Dengan adanya alternatif urutan proses, maka perusahaan lebih memiliki waktu proses yang lebih baik untuk memproduksi suatu produk.

Seperti untuk proses *countur* kasar dan *countur* halus, jika proses *countur* kasar dilakukan terlebih dahulu baru setelah itu proses *countur* halus, maka urutan proses tersebut dapat dapat mempengaruhi waktu pemesinan. Waktu pemesinan selalu dijadikan acuan bagi perusahaan untuk melihat waktu dalam memproduksi suatu produk. Waktu tersebut dipengaruhi beberapa parameter, seperti kecepatan pemotongan, kecepatan *spindle*, dan yang lainnya.

Perusahaan X ini memproduksi produk *silicon plate* dimana produk ini terdapat dua bagian, yaitu bagian atas dan bagian bawah dengan menggunakan mesin CNC *Leadwell V-30i*. Masalah yang dihadapi perusahaan saat ini ialah belum memiliki alternatif urutan proses, karena operator melakukan proses pemesinan berdasarkan pengalaman saja. Sehingga dengan adanya alternatif urutan proses maka waktu proses akan lebih cepat untuk memproduksi produk.

1.2 Identifikasi Masalah

Pada setiap produk yang dikerjakan memiliki proses pemesinan yang berbeda-beda, seperti pada produk *Silicon Plate* ini. Perusahaan menginginkan pada proses pemesinan dan urutan prosesnya dapat diatur kembali agar dapat menghemat proses pekerjaannya, sehingga dengan urutan proses yang telah diperbaiki dapat menghemat proses pekerjaan dan perusahaan dapat mengerjakan *order* produk yang lain.

Perusahaan perlu melakukan analisis untuk meningkatkan efisien waktu pemesinan. Analisis yang dilakukan pada masalah ini yaitu dengan melihat parameter-parameter proses awal. Kemudian mengubah urutan proses pemesinannya berdasarkan *Constructive Solid Geometry* (CSG) dengan *precedence constraints* pada alternatif urutan proses pemesinan. Kemudian analisis yang dilakukan dengan mengoptimalkan kecepatan pemotongannya untuk mengetahui parameter-parameter maksimal sebagai acuan dalam melakukan proses pemesinan.

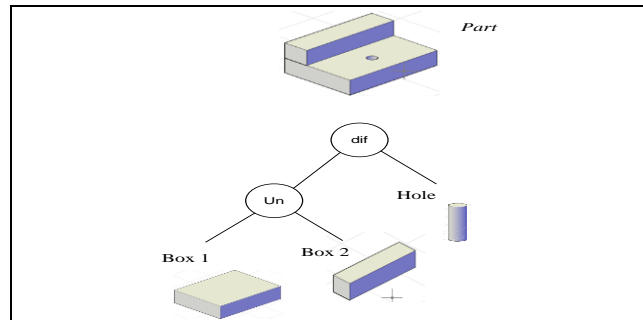
2. STUDI LITERATUR

2.1 *Constructive Solid Geometry* (CSG)

Menurut Chang et.al (1991) merupakan teknik untuk membuat sebuah model dengan menggunakan operasi matematika seperti penambahan dan pengurangan. CSG juga memungkinkan dapat membuat bentuk model yang kompleks dengan menggunakan *boolean* yang terdiri dari *union*, *intersection*, dan *difference* untuk menggabungkan objek,

dari sebuah benda padat yang paling sederhana yang biasanya berbentuk sederhana seperti kubus, prisma, bola dan kerucut.

1. *Union* adalah membuat dua objek menjadi satu kesatuan, sehingga dapat dilakukan manipulasi seperti pada satu objek.
 2. *Intersection* adalah objek dibuat menjadi sebuah objek yang mengandung semua bagian dimana kedua objek saling berpotongan.
 3. *Difference* adalah objek yang dihasilkan dari pengurangan objek A oleh objek B.
- Contoh gambar dari *Constructive Solid Geometry* (CSG) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Constructive Solid Geometry* (CSG)

2.2 Milling

Mesin *milling* menurut Ganjar (2012) merupakan pengembangan dari mesin *freis* konvensional menjadi mesin CNC *milling* yang memerlukan beberapa tambahan perangkat lunak untuk mengerjakan proses pemesinannya. Menurut Kalpakjian (2001) proses pengefreisan merupakan proses pembentukan material atau benda kerja dengan cara membuang sebagian material dalam bentuk geram akibat gerak relatif pahat terhadap benda kerja, dimana pahat bergerak secara rotasi sedangkan benda kerja bergerak secara translasi.

Dalam proses pemesinan mesin *milling* terdapat empat dasar elemen proses *milling*, yaitu:

1. Kecepatan pemotongan (V_c)

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \left(\frac{m}{menit} \right) \quad (1)$$

2. Kecepatan pemakanan (f)

$$f = z \times n \times s_z \left(\frac{mm}{menit} \right) \quad (2)$$

3. Waktu proses (T)

$$T = \frac{L \cdot z}{f} \text{ menit} \quad (3)$$

4. Kedalaman pemotongan (a)

$$a = t_o - t_i \quad (4)$$

Notasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- d = diameter pahat (mm)
- n = kecepatan *spindle* (rpm)
- s_z = gerak makan (mm/tooth)
- z = jumlah mata pahat (mm)
- L = panjang langkah (mm)
- z = banyaknya pemakanan

t_o = tebal awal benda kerja (mm)
 t_i = tebal akhir (mm)

2.3 Kecepatan Pemotongan Maksimal

Pemilihan kecepatan pemotongan akan membuat pemotongannya menjadi yang terbaik dari penggunaan kecepatan pemotongan yang biasa, dengan menggunakan kecepatan yang tinggi, maka logam yang terhapus akan lebih cepat habis. Rumus matematika yang telah diturunkan untuk menentukan kecepatan potong optimal pada operasi pemesinan Groover (2002).

$$V_{c_{max}} = \frac{C}{[(\frac{1}{n}-1)T_1]^n} \quad (5)$$

Dimana $V_{c_{max}}$ dinyatakan dalam m/menit. C tingkat kekerasan dari sebuah material, T_1 waktu *setup* pemesinan dan n nilai parameter yang tergantung dari material yang digunakan.

2.4 Prosedur Menggunakan Mesin CNC

Menurut Ganjar (2012) Prosedur menggunakan suatu mesin sangat penting ketika ingin menggunakan suatu mesin, apalagi mesin yang memiliki teknologi cukup tinggi, seperti mesin CNC *milling*. Pada mesin mesin CNC terdapat beberapa prosedur yang harus diperhatikan pada saat menggunakan mesin CNC *milling*. Prosedur tersebut antara lain:

1. Masukkan program CNC *milling*
2. Memeriksa kemungkinan terjadi kesalahan ketik dan format/bahasa pemrograman.
3. Memeriksa koordinat gerakan pahat
4. Memeriksa benda kerja
5. Menjalankan program

3.METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Langkah-langkah pemecahan masalah dalam mendapatkan urutan proses dan parameter ini dapat dilihat pada Gambar 2.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur menggunakan *Constructive Solid Geometry* (CSG) untuk mendapatkan urutan alternatif proses yang terbaik proses pemesinan produk *Silicon Plate*. Kemudian menggunakan kecepatan pemotongan maksimal untuk membuat pemotongannya menjadi yang terbaik dari penggunaan kecepatan pemotongan yang biasa, dengan menggunakan kecepatan yang tinggi, maka logam yang terhapus akan lebih cepat habis.

3.2 Identifikasi Masalah

Perusahaan X ini bekerjasama dengan pihak CV. Kurnia Mas di dibidang otomotif. Produk ini diproduksi menggunakan mesin CNC. Sehingga pada saat operator menginputkan parameter-parameter pada mesin CNC, operator belum mengetahui batasan-batasan nilai parameter yang menjadi batasan dan juga urutan proses pemesinan yang terbaik. Pihak perusahaan pada saat ini perlu melakukan alternatif urutan proses untuk meminimumkan *setupnya* sehingga waktu prosesnya akan lebih cepat dalam memproduksi produk *Silicon Plate*.

3.3 Alternatif Urutan Proses

Alternatif urutan proses ini memiliki beberapa urutan proses berdasarkan dari *Constructive Solid Geometry* (CSG) yang terdiri dari 3 alternatif urutan proses untuk produk *Silicon Plate*

bagian atas dan 6 alternatif urutan proses bagian atas. Kemudian dengan alternatif urutan-urutan proses ini, parameter pemesinan dapat disesuaikan dengan menggunakan kecepatan pemotongan maksimal sebagai acuan proses pemesinan yang diinputkan kedalam *software mastercam CNC*.

3.4 Penentuan Parameter-Parameter Pemesinan

Parameter-parameter pemesinan yang digunakan untuk memproduksi produk *Silicon Plate* dengan kondisi alternatif, parameter-parameternya menggunakan parameter berdasarkan kondisi saat ini sedangkan dengan kondisi berdasarkan kecepatan pemotongan maksimal parameter-parameternya berdasarkan kecepatan pemotongan maksimal sehingga parameter lainnya juga akan maksimal sehingga waktu proses pemesinan akan jauh lebih cepat.

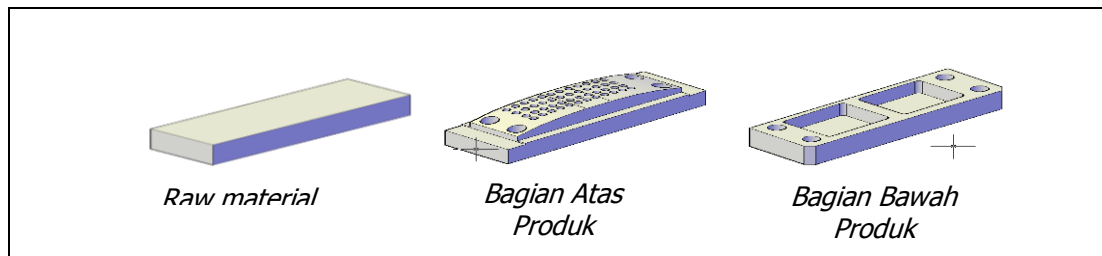
3.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan untuk menjawab permasalahan dan tujuan atas penelitian yang dilakukan. Sedangkan saran untuk pihak perusahaan tempat penelitian ini maupun untuk penelitian selanjutnya.

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Produk

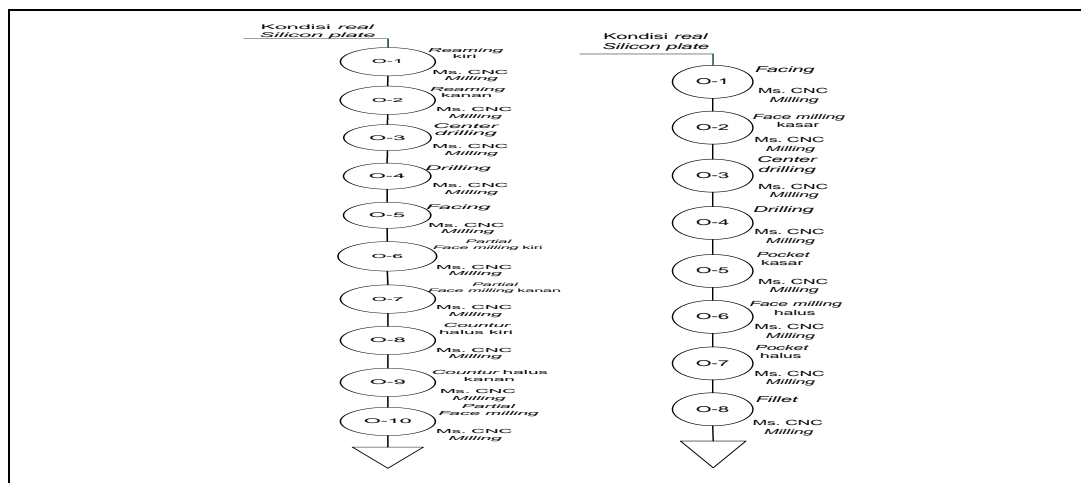
Gambar produk *Silicon Plate* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Produk *Silicon Plate*

4.2 Data Keadaan Saat Ini Urutan Proses Produk *Silicon Plate*

Produk *Silicon Plate* bagian atas dan bawah memiliki urutan proses yang telah dikerjakan sebelumnya yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Urutan Proses Produk *Silicon Plate*

Data waktu Keadaan Saat Ini produk *Silicon Plate* dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data waktu Proses Bagian Atas

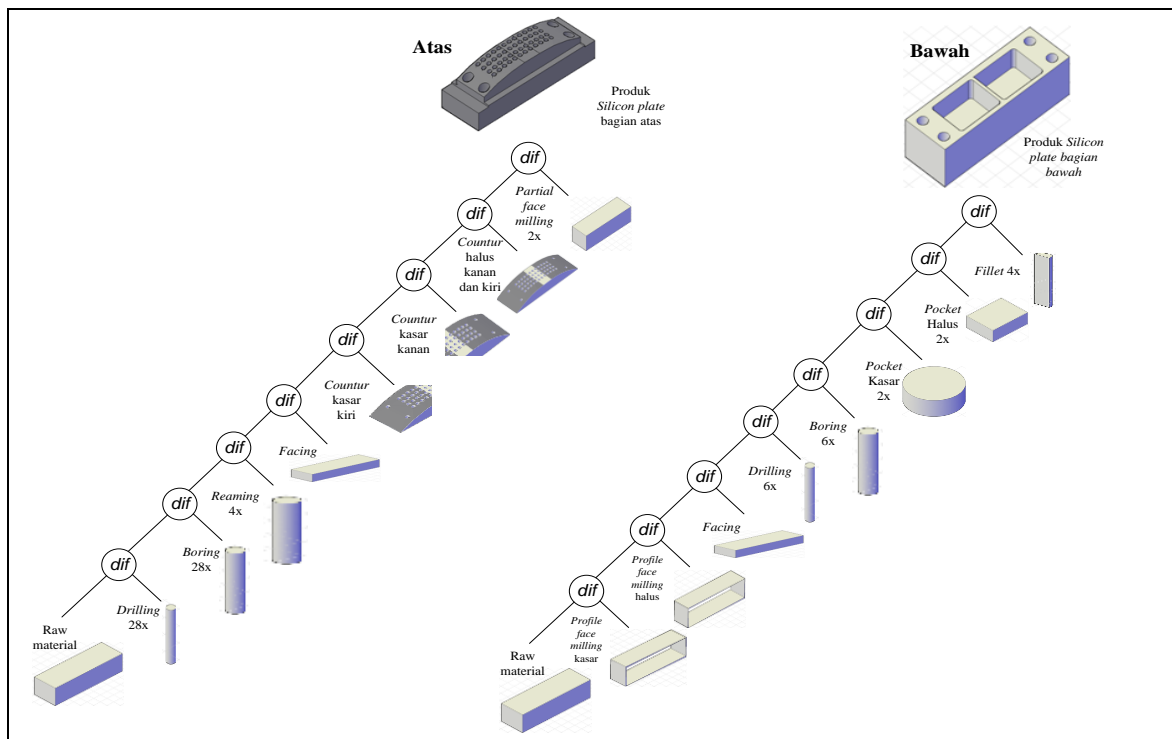
Proses	Loading	Reaming kiri		reaming kanan	center drilling		drilling		Facing		countur kasar kiri	countur kasar kanan	countur halus kiri	countur halus kanan	Paartial face milling	Unloading	Total Waktu (Menit)
		setup pahat	waktu proses		setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses							
Atas	0,083	2,000	4,700	4,700	2,000	0,432	2,000	22,580	2,000	0,200	4,490	4,300	10,380	10,500	4,260	0,083	74,71

Tabel 2. Data waktu Proses Bagian Bawah

Proses	Loading	Facing		Center drilling		Drilling		Profil face milling kasar		pocket kasar	Profil face milling halus		pocket halus		fillet		Unloading	Total Waktu (Menit)
		setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses		setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses		
Bawah	0,083	2,000	0,383	2,000	0,467	2,000	4,400	2,000	14,200	1,510	2,000	9,310	2,000	3,410	2,000	1,540	0,083	49,387

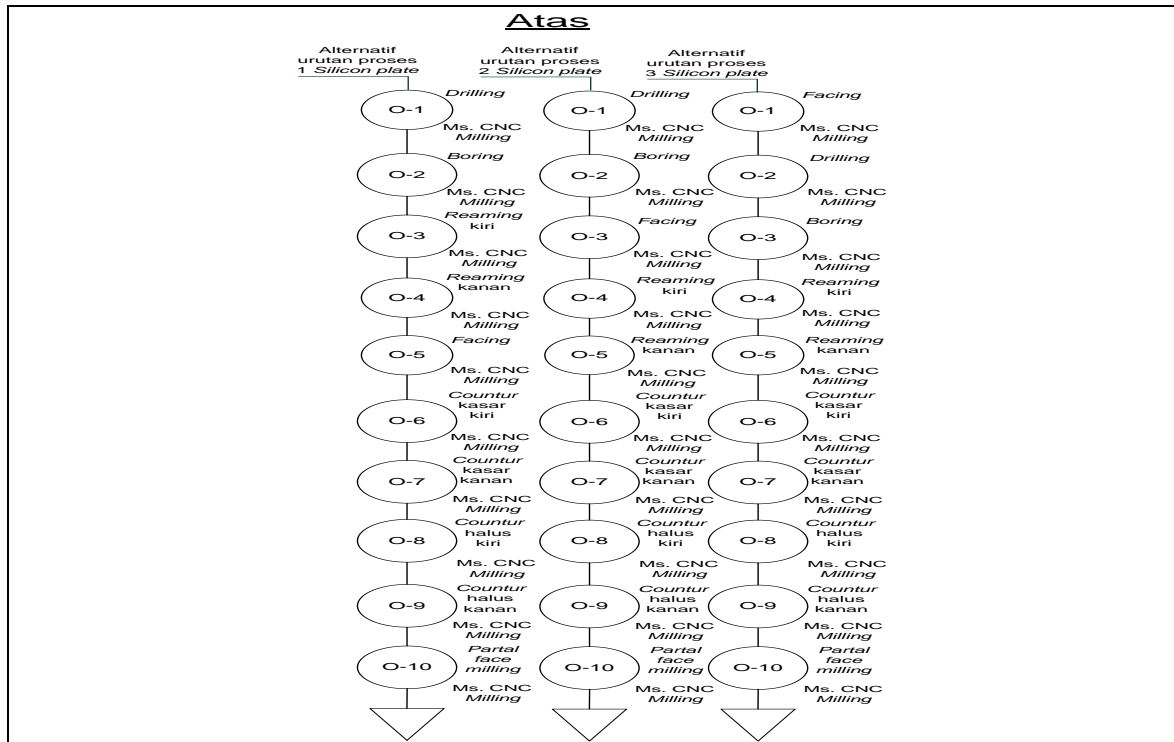
4.3 Urutan Porses Berdasarkan *Constructive Solid Geometry (CSG)*

Contoh Urutan proses *Silicon Plate* berdasarkan *Constructive Solid Geometry (CSG)* dapat dilihat pada Gambar 4 dan alternatif urutan prosesnya dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

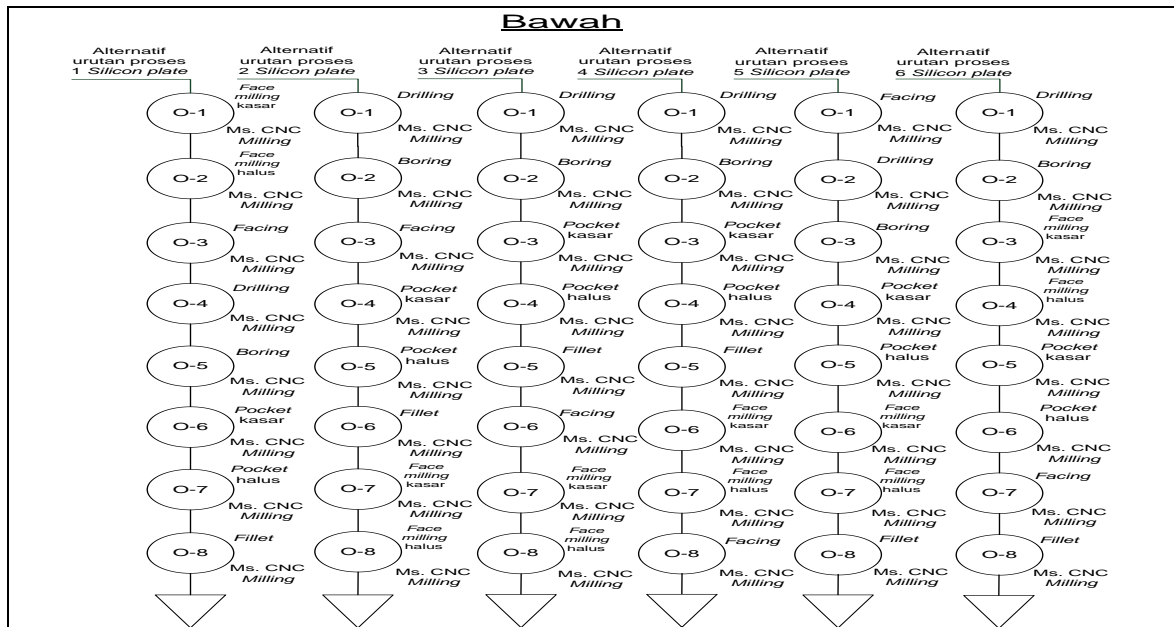


Gambar 4. Contoh Urutan Proses Berdasarkan *Constructive Solid Geometry (CSG)*

Alternatif Usulan Proses Produk Silicon Plate untuk Meminimumkan Waktu Pemesinan dengan Menggunakan Constructive Solid Geometry (CSG) dan Parameter Kecepatan Pemotongan Maksimal



Gambar 5. Alternatif Urutan Proses Bagian Atas



Gambar 6. Alternatif Urutan Proses Bagian Atas

Data waktu urutan proses berdasarkan alternatif-alternatif tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Data Waktu Bagian Atas

Proses	Loading	Facing		Center drilling		Drilling		Reaming kiri		Reaming kanan	Countur kasar kiri		Countur kasar kanan	Countur halus kiri	Countur halus kanan	Paartial face milling	Unloading	Total waktu (Menit)
		setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses		setup pahat	waktu proses						
waktu (Menit)	0,083	2,000	6,390	2,000	3,250	2,000	8,240	2,000	4,070	4,070	2,000	4,490	4,300	8,110	7,490	4,260	0,083	64,837

Tabel 4. Data Waktu Bagian Bawah

Proses	Loading	Facing		Center drilling		drilling		pocket kasar		pocket halus		Profil face milling kasar	Profil face milling halus	fillet		Unloading	Total waktu (Menit)
		setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses			setup pahat	waktu proses		
waktu (Menit)	0,083	2,000	0,383	2,000	0,467	2,000	4,400	2,000	1,510	2,000	3,230	11,550	9,470	2,000	1,540	0,083	44,717

4.4 Usulan Berdasarkan Kecepatan Pemotongan Maksimal

Material pahat yang digunakan pada proses *Silicon Plate* adalah *Carbide* dan untuk material benda kerjanya *Stainless Steel 37* (ST-37). Sehingga kecepatan pemotongan maksimalnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Kecepatan Pemotongan Maksimal Bagian Atas

Reaming kiri	Reaming kanan	Drilling	boring	Facing	countur kasar kiri	countur kasar kanan	countur halus kiri	countur halus kanan	Paartial face milling
Vmax	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260

Tabel 6. Kecepatan Pemotongan Maksimal Bagian Atas

Proses	Facing	Drilling	boring	pocket kasar	pocket halus	Profil face milling kasar	Profil face milling halus	fillet
Vmax	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260	447,260

Data waktu urutan proses berdasarkan kecepatan pemotongan maksimal dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Data Waktu Proses Bagian Atas

Proses	Loading	Facing		Center drilling		Drilling		Reaming kiri		Reaming kanan	Countur kasar kiri		Countur kasar kanan	Countur halus kiri	Countur halus kanan	Paartial face milling	Unloading	Total waktu (Menit)
		setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses		setup pahat	waktu proses						
waktu (Menit)	0,083	2,000	5,230	2,000	0,130	2,000	1,420	2,000	0,417	0,417	2,000	4,590	2,490	6,310	6,150	2,310	0,083	39,630

Tabel 8. Data Waktu Proses Bagian Bawah

Proses	Loading	Facing		Center drilling		drilling		pocket kasar		pocket halus		Profil face milling kasar	Profil face milling halus	fillet		Unloading	Total waktu (Menit)
		setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses	setup pahat	waktu proses			setup pahat	waktu proses		
waktu (Menit)	0,083	2,000	0,250	2,000	0,250	2,000	1,470	2,000	0,567	2,000	0,483	1,090	1,100	2,000	0,433	0,083	17,810

4.5 Total Waktu Proses Berdasarkan Kondisi Keadaan Saat Ini, Usulan Alternatif dan Menggunakan Kecepatan Pemotongan Maksimal.

Total waktu proses pemesinan berdasarkan kondisi keadaan saat ini, Usulan Alternatif dan Menggunakan Kecepatan Pemotongan Maksimal dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Waktu Proses Pemesinan

Data proses	Waktu (Menit)
Keadaan keadaan saat ini	124,095
Keadaan alternatif	109,553
Kecepatan maksimal	57,440

5. ANALISIS MASALAH

5.1 Analisa Pengaruh Urutan Proses Terhadap Waktu Pemesinan

Pada kondisi saat ini operator yang memproduksi produk *Silicon Plate* membuat urutan proses berdasarkan pengalaman saja. Sehingga urutan proses ini banyak memerlukan waktu

setup pahat karena ukuran pahat yang digunakan pada proses pemesinan berbeda-beda. Sehingga banyak waktu yang terbuang dalam melakukan *setup*.

Tabel 10. Pengaruh *Setup* dan Urutan Proses Terhadap Waktu Pemesinan Berdasarkan Usulan Alternatif Proses

Proses	Setup (menit)	Total waktu
Alternatif 1	22,33	91,990
Alternatif 2	22,33	93,050
Alternatif 3	22,33	99,730
Alternatif 4	22,33	113,300
Alternatif 5	20,33	92,900
Alternatif 6	20,33	111,560
Alternatif 7	24,33	91,070
Alternatif 8	24,33	90,130
Alternatif 9	24,33	98,810
Alternatif 10	24,33	114,380
Alternatif 11	22,33	91,980
Alternatif 12	22,33	114,640
Alternatif 13	24,33	21,473
Alternatif 14	24,33	20,533
Alternatif 15	24,33	29,213
Alternatif 16	24,33	44,783
Alternatif 17	22,33	22,383
Alternatif 18	22,33	45,043

5.2 Analisis Parameter

Sub bab ini berisi analisis berdasarkan kecepatan pemotongan dan berdasarkan kecepatan *spindle*.

5.2.1 Berdasarkan Kecepatan Pemotongan

Pada kondisi kecepatan proses menggunakan kecepatan pemotongan maksimal, maka waktu proses pemesinan yang dihasilkan akan jauh lebih cepat. Karena kecepatan pemotongannya sudah maksimal untuk bahan material *Carbide*. Perusahaan X menginginkan proses pemesinan yang lebih cepat agar ongkos yang dikeluarkan untuk proses pemesinan tidak terlalu besar. Akan tetapi jika perusahaan menggunakan kecepatan pemotongan yang maksimal secara terus-menerus, maka pahat yang digunakan akan cepat rusak bahkan akan patah.

Oleh karena itu dilihat dari segi kualitasnya dengan bahan material yang digunakan yaitu *Stainless Steel* (ST-37) dengan material pahat *Carbide*. Maka dengan menggunakan kecepatan pemotongan maksimal akan menurunkan nilai kekasaran permukaan dan waktu proses pemesinannya akan jauh lebih cepat.

5.2.2 Berdasarkan Kecepatan *Spindle*

Kecepatan *spindle* juga dipengaruhi dengan ukuran pahat yang digunakan, apabila pahat yang digunakan cukup besar maka kecepatan *spindle* nya akan lebih lambat dan begitu pun sebaliknya. Berdasarkan kondisi kecepatan *spindle* yang diusulkan merupakan kondisi yang cukup baik karena waktu parameter yang digunakan seperti kecepatan *spindle* masih dalam batas minimum dan batas maksimum. Sehingga umur pahat yang akan digunakan akan memiliki waktu yang lebih lama dan tidak cepat rusak.

Kecepatan pemotongan maksimal akan langsung mempengaruhi kecepatan *spindle* nya menjadi tinggi juga, sehingga dengan kecepatan *spindle* yang tinggi, *tools* yang digunakan akan cepat rusak karena pada proses pemesinan menggunakan kecepatan *spindle* yang

tinggi yang mempengaruhi kecepatan pemotongannya.

5.3 Pemilihan Alternatif Urutan Proses Terbaik

Perubahan urutan proses dari kondisi saat ini ke urutan proses berdasarkan alternatif didapatkan dari hasil urutan proses yang dihasilkan berdasarkan *Constructive Solid Geometry* (CSG). Urutan proses yang terpilih yaitu urutan proses yang memiliki waktu proses yang lebih cepat yaitu dengan selisih waktu antara kondisi saat ini dengan alternatif yaitu 22,55 menit sedangkan bila dibandingkan dengan kecepatan maksimal yaitu 76,833 menit. Perbedaan waktu proses ini terjadi karena urutan proses yang telah dirubah sehingga menghasilkan waktu proses yang lebih cepat dari kondisi saat ini.

Perbedaan waktu ini juga terjadi karena pada setiap urutan proses memiliki waktu *loading*, *unloading* dan waktu *setup*, sehingga dengan alternatif urutan proses waktu *setup* dapat diminimumkan, seperti *setup* pahat (mata pisau). Karena pada urutan proses alternatif dapat memungkinkan penggunaan pahat yang sama pada proses yang berbeda. Pada setiap kondisi tersebut, kondisi dengan kecepatan maksimal terlihat paling besar pada setiap parameter-parameternya. Karena pada kondisi ini kecepatan pemotongan maksimal sehingga parameter yang lainnya pun juga menjadi maksimal.

Pada kondisi saat ini dan alternatif, parameter-parameternya masih berada di dalam batasan atau berada diantara kondisi maksimal dan minimum. Sehingga kondisi-kondisi tersebut masih layak untuk diterapkan pada proses pemesinan untuk memproduksi produk *Silicon Plate*. Untuk urutan alternatif proses ke-17 pada usulan berdasarkan alternatif lebih baik karena selain urutan prosesnya yang telah dirubah, sehingga dapat menyesuaikan *setup* pahat dan ukuran pahat yang telah disesuaikan.

5.4 Perbandingan Kondisi *Real* Dengan Kondisi Alternatif dan Kecepatan Maksimal

Perbandingan waktu proses untuk kondisi-kondisi ini sangat berbeda, karena pada kondisi-kondisi ini parameter yang digunakan untuk mencapai waktu proses berbeda dengan tetap menggunakan bahan material yang sama. Untuk memproduksi produk *Silicon Plate* yang menggunakan kecepatan pemotongan maksimal, total waktu prosesnya adalah 57,440 menit, untuk kondisi saat ini total waktunya adalah 124,095 menit, untuk kondisi alternatif 109,553 menit.

Perbedaan waktu proses ini karena untuk kecepatan pemotongan maksimal menghasilkan waktu 447 m/menit, sedangkan untuk kondisi alternatif kecepatan pemotongannya adalah 188,4 m/menit, hal ini menunjukkan kecepatan pemotongan kondisi alternatif masih dibawah dari kecepatan pemotongan maksimal dan untuk kondisi saat ini juga demikian, masih dibawah dari kecepatan pemotongan maksimal. Perbandingan kecepatan pemotongan ini yang menyebabkan perbedaan pada kondisi-kondisi tersebut. Perbandingan setiap proses antara kondisi saat ini dan usulan dapat dilihat pada Tabel 11 dan 12 dan juga grafik waktu prosesnya dapat dilihat pada Gambar 8.

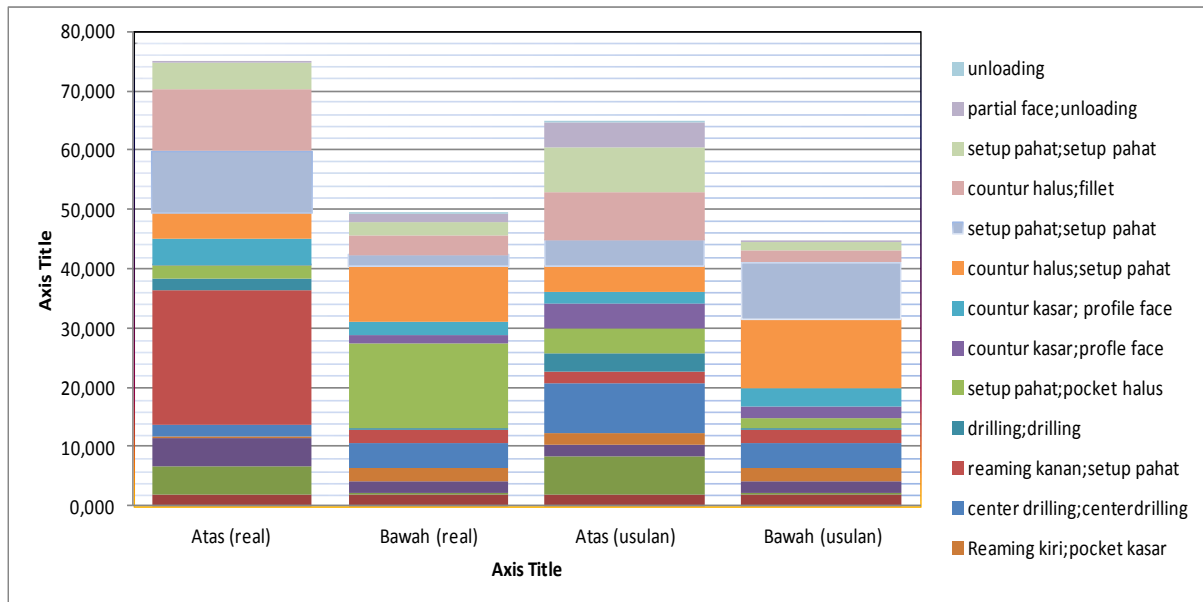
Tabel 11 kondisi saat ini dan Usulan Bagian Atas

Alternatif Usulan Proses Produk Silicon Plate untuk Meminimumkan Waktu Pemesinan dengan Menggunakan Constructive Solid Geometry (CSG) dan Parameter Kecepatan Pemotongan Maksimal

Bagian atas																				
Aspek	Kondisi awal										Kondisi usulan									
Proses	Center drilling	Drilling	Reaming kiri	Reaming kanan	Facing	Countur kasar kiri	Countur kasar kanan	Countur halus kiri	Countur halus kanan	Partial face milling	Facing	Center drilling	Drilling	Reaming kiri	Reaming kanan	Countur kasar kiri	Countur kasar kanan	Countur halus kiri	Countur halus kanan	Partial face milling
Waktu setup pahat	2,000	2,000	2,000	0,000	2,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	2,000	2,000	2,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Waktu loading dan unloading	0,000	0,000	0,000	0,000	0,083	0,000	0,000	0,000	0,000	0,083	0,083	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,083
waktu pemesinan	0,432	22,580	4,700	4,700	2,000	4,490	4,300	10,380	10,500	4,260	6,390	3,250	8,240	4,070	4,070	4,490	4,300	8,110	7,490	4,260
waktu penyelesaian	2,432	24,580	6,700	4,700	4,083	6,490	4,300	10,380	10,500	4,343	8,473	5,250	10,240	6,070	4,070	6,490	4,300	8,110	7,490	4,343
Kelebihan										Kekurangan										
1	Waktu proses pemesinan lebih cepat										1	Umur pahat tidak akan tahan lama								
2	Ongkos pemesinan lebih murah										2	kondisi ini belum di aplikasikan								
3	Dapat mengerjakan order yang lain																			

Tabel 12. kondisi saat ini dan Usulan Bagian Bawah

Bagian bawah																	
Aspek	Kondisi awal								Kondisi usulan								
Proses	Facing	center drilling	drilling	profile face milling kasar	pocket kasar	profile face milling halus	pocket halus	fillet	Facing	center drilling	drilling	profile face milling kasar	pocket kasar	profile face milling halus	pocket halus	fillet	
Waktu setup pahat	2,000	2,000	2,000	2,000	0,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	0,000	0,000	2,000	2,000	2,000	
Waktu loading dan unloading	0,083	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,083	0,083	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,083	
waktu pemesinan	0,383	0,467	4,400	14,200	1,510	9,310	3,410	1,540	0,383	0,467	4,400	11,550	1,510	9,470	3,230	1,540	
waktu penyelesaian	2,467	2,467	6,400	16,200	1,510	11,310	5,410	3,623	2,467	2,467	6,400	11,550	1,510	11,470	5,230	3,623	
Kelebihan								Kekurangan									
1	Umur pahat lebih tahan lama								1	Waktu proses pemesinan lebih lama							
2	kondisi ini telah di aplikasikan								2	Ongkos pemesinan lebih mahal							
3									3	Dapat mengganggu order yang lain							



Gambar 7. Perbandingan Waktu Proses Kondisi *Real* dan Usulan

6.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengolahan data dengan menggunakan *Constructive Solid Geometry (CSG)* dan menggunakan kecepatan maksimal, sehingga dapat ditarik kesimpulan mengenai

waktu proses pemesinan dan urutan proses produk *silicon plate*.

1. Urutan yang menghasilkan waktu terbaik adalah urutan alternatif ke-17 dengan waktu 109,553 menit.
2. Menggunakan kecepatan maksimum menghasilkan kecepatan pemotongan menjadi 447 m/menit.
3. Parameter yang diusulkan untuk memproduksi *Silicon Plate* dapat dilihat pada Tabel 13 dan 14.

Tabel 13. Parameter Bagian Atas

Atas	f	n	d	z
Reamingkiri	500	2000	6	0,5
Reamingkiri	500	2000	6	0,5
Center drilling	57,25	1500	5	1
Drilling	100	2300	3	1
facing	1000	2500	50	0,5
Countur kasar kiri	1000	2500	12	0,5
Countur kasar kanan	1000	2500	12	0,5
Countur halus kiri	3000	1000	12	1
Countur halus kanan	3000	1000	12	1
Profile face milling	2500	1000	7,5	0,5

Tabel 14. Parameter Bagian Bawah

Bawah	f	n	d	z
facing	1000	2500	50	1
Center drilling	57,25	2500	5	1
Drilling	100	1000	7	1
partial face milling kasar	1000	2500	20	0,5
partial face milling halus	500	2300	15	1
Pocket kasar	1000	2500	10	0,5
Pocket halus	500	2300	10	1
fillet	500	2300	10	1

REFERENSI

Chang, T. C., Wysk, R., Wang. (1991). *Computer Aided Manufacturing*. New jersey : Prentice Hall.

Ganjar, Dalmasius. (2012). *Pemrograman CNC & Aplikasi di Dunia Industri*. Bandung : Informatika.

Groover, M. P. (2002). *Fundamentals of modern manufacturing*. New jersey : Jhon Wiley & Sons, Inc.

Kalpakjian. S., Schmed, S. R. (2001). *Manufacturing engineering and Technology*. New jersey : Prentice Hall.

Nugraha, Cahyadi. (2005). Sistem perancangan *transfer line* berbantuan komputer. Bandung : Institut Teknologi Bandung (ITB).