Alternatif Perencanaan Proses Produksi Komponen *Guide Vane* dengan Menggunakan Metode *Constructive Solid Geometry* (CSG)

MUHAMAD RAFI ASTRA BAKASDI[1], SRI SUCI YUNIAR, S. T., M. T.[2]

[1]Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, JL. PHH Mustofa No.23, Bandung, 40124, Indonesia
E-mail : rafibakasdi@gmail.com

Received 02 12 2021 | *Revised* 03 12 2021 | *Accepted* DD MM YYYY

ABSTRAK

PT Daya Inovasi Mandiri merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur, dimana perusahaan memproduksi suatu komponen dan menawarkan jasa. Perusahaan memproduksi komponen guide vane yang berfungsi sebagai pembuka atau penutup saluran air masuk kedalam mesin turbin. Saat ini perusahaan tidak memiliki urutan proses produk yang tetap, urutan proses produksi yang tidak tetap akan membuat urutan proses produksi menjadi tidak efektif dan efisien. Urutan proses produksi pada perusahaan dipengaruhi oleh operator yang berbeda tentunya menghasilkan waktu yang berbeda. Urutan proses produksi tentunya mempengaruhi waktu oleh karena itu perusahaan berharap ada perbaikan terhadap urutan proses produksi komponen guide vane agar menghasilkan waktu yang kecil. Proses penyelesaian masalah dapat dilakukan dengan menggunakan metode Constructive Solid Geometry (CSG), dimana metode ini dapat menghasilkan alternatif urutan proses produksi dengan menggunakan pohon faktor untuk menganalisa proses yang dilakukan pada komponen. Alternatif urutan proses produksi akan menghasilkan urutan yang berbeda dan tentunya menghasilkan waktu yang berbeda juga. Menghitung parameter – parameter dapat membantu dalam menentukan alternatif urutan proses yang nantinya akan menjadi saran dan digunakan pada perusahan. Hasil dari penelitian berupa waktu tercepat yang di hasilkan oleh alternatif yang terpilih.

***Kata kunci**: Urutan Proses Produksi, Constructive Solid Geometry (CSG), Waktu Proses, dan Waktu tercepat*

ABSTRACT

PT Daya Inovasi Mandiri is a company engaged in manufacturing, where the company produces a component and offers services. The company manufactures guide vane components that serve as an opening or aqueduct cover into the turbine engine. Currently the company does not have a fixed order of product processes, the order of production processes that are not fixed will make the order of the production process become ineffective and efficient. The order of production

processes in companies is influenced by different operators, of course, resulting in different times. The order of the production process certainly affects the time therefore the company hopes there is an improvement to the order of the production process of guide vane components in order to produce a small time. The problem-solving process can be done using the Constructive Solid Geometry (CSG) method, where this method can produce an alternative sequence of production processes by using factor trees to analyze the processes that are. The results of the study are the fastest time produced by selected alternatives.

***Keywords**: Sequence of Machining Process, Constructive Solid Geometry (CSG), Production Time, and Fastest time*

1. PENDAHULUAN

Proses produksi melibatkan proses permesinan untuk membentuk bahan atau bahan baku untuk produk jadi. Suatu produk tentu memiliki urutan proses produksi atau langkah kerja. Urutan proses dapat menentukan waktu permesinan, dimana akan melihat lamanya waktu yang dihasilkan dari suatu produk. Waktu yang dihasilkan akan mempengaruhi biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. PT Daya Inovasi Mandiri bergerak di bidang manufaktur dan jasa untuk mesin turbin. Perusahaan ini memproduksi komponen *Guide Vane*, dimana komponen memiliki fungsi sebagai penyaluran tutup terbuka atau air ke dalam mesin turbin. Komponen-komponen ini termasuk komponen penting dalam mesin turbin. Saat ini perusahaan tidak memiliki urutan tetap proses produksi untuk menghasilkan per unit komponen tersebut yang dapat menyebabkan urutan proses produksi yang tidak efektif dan efisien. Urutan proses produksi yang tidak diperbaiki mempengaruhi waktu proses yang dihasilkan, selain itu operator yang mengerjakan berbeda dan menghasilkan waktu yang beragam. Perusahaan sampe saat ini belum ada perbaikan ataupun penetapan terhadap urutan proses produksi komponen *guide vane*. Urutan Proses produksi yang baik akan menghasilkan waktu dan biaya yang tepat.

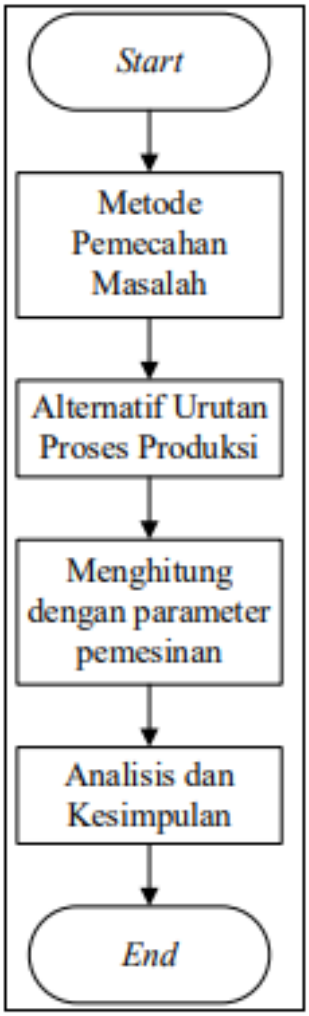
2. METODOLOGI

Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1. Metodologi Pemecahan masalah

Metode yang digunakan dalam pemecahan masalah pada penelitian adalah *Constructive Solid Geometry* (CSG). Beberapa skema telah dirancang untuk membentuk representasi dari suatu padatan yang meliputi kotak, silinder, kerucut, bola dan tabung, salah satunya *constructive solid geometry* yaitu dimana secara internal sering di representasikan sebagai kombinasi primitive sederhana yang dimana membagi ruang didalam dan diluar padatan dengan menambah atau mengurangi bagian padatan (Requicha, 1980). Metode *Constructive Solid Geometry* (CSG) menggunakan kombinasi operasi *boolean* seperti *union*, *cut*, *Intersect* yaitu :

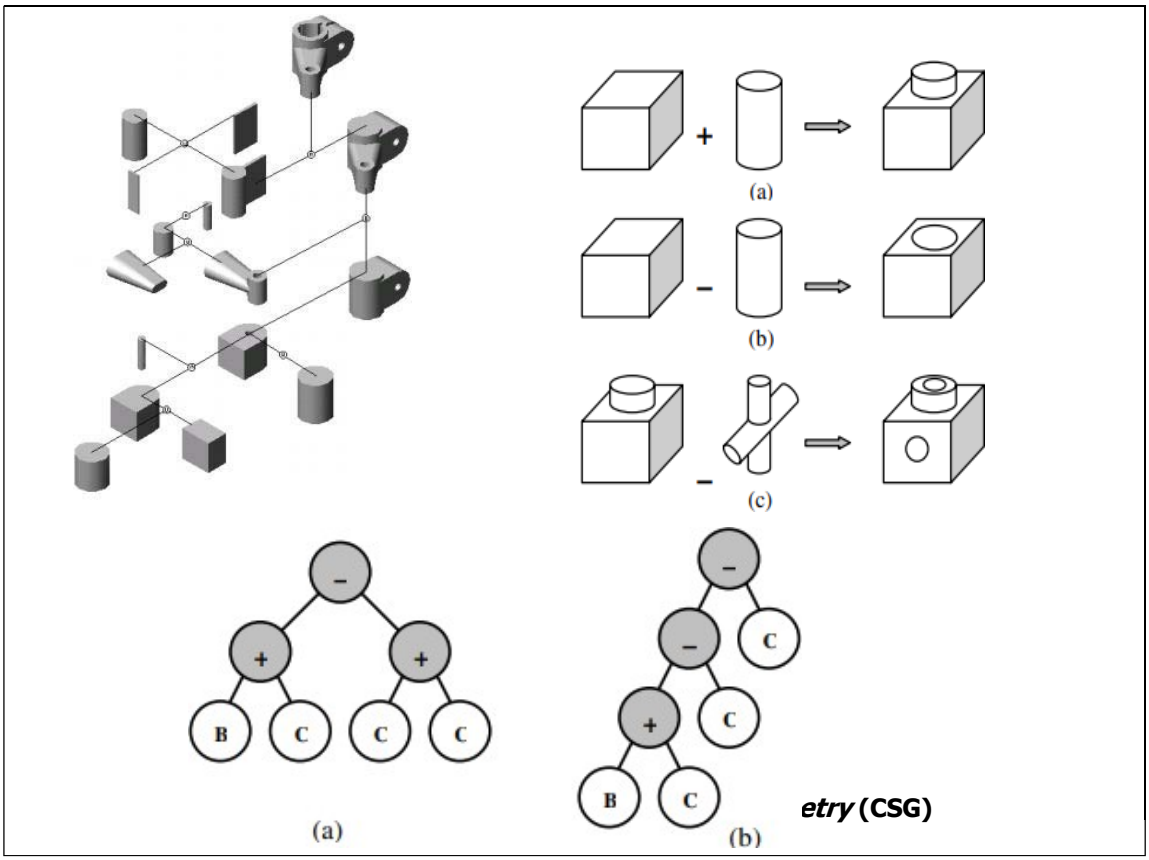
1. *Union* adalah operasi menggabungkan dua *volume* dimasukan dalam padatan menjadi padatan tunggal.
2. *cut* adalah operasi mengurangi *volume* benda dari suatu bentuk padat ke padat
3. *Intersect* adalah proses digunakan hanya untuk membuat *volume* suatu benda lainnya.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Mempelajari Produk dari gambar kerja produk kemudian mengidentifikasi kesulitan dan kendala. Langkah selanjutnya menyusun data tuntutan, menentukan fungsi keseluruhan, dan fungsi dari bagian benda kerja.konsep design yang terpilih akan di analisa dan dikontrol kekuatan dari benda kerja tersebut (Indra, 2014).

Process Planning merupakan penentuan proses pembuatan yang paling tepat dan urutan dimana mereka harus dilakukan untuk menghasilkan bagian atau produk tertentu oleh design teknik. Para insinyur manufaktur dalam proses dipabrik di lakukan perencanaan proses berdasarkan pengetahuan, keterampilan dan pengalaman mereka, dan mengembangkan langkah proses dalam urutan yang diperlukan pada setiap bagian (Groover, 2010).



Mempelajari Produk dari gambar kerja produk kemudian mengidentifikasi kesulitan dan kendala. Langkah selanjutnya menyusun data tuntutan, menentukan fungsi keseluruhan, dan fungsi dari bagian benda kerja.konsep design yang terpilih akan di analisa dan dikontrol kekuatan dari benda kerja tersebut (Indra, 2014).

Process Planning merupakan penentuan proses pembuatan yang paling tepat dan urutan dimana mereka harus dilakukan untuk menghasilkan bagian atau produk tertentu oleh design teknik. Para insinyur manufaktur dalam proses dipabrik di lakukan perencanaan proses berdasarkan pengetahuan, keterampilan dan pengalaman mereka, dan mengembangkan langkah proses dalam urutan yang diperlukan pada setiap bagian (Groover, 2010).

Tabel 3.1 Perbandingan Metode

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Constructive Solid Geometry (CSG)	Metode ini secara internal sering di representasikan kombinasi primitive sederhana yang dimana membagi ruang dalam atau luar padatan dengan menggunakan operasi *boolean* penambahan ataupun pengurangan, seperti *Union*, *Cut*, *Intersect* (Requicha, 1980), Sehingga metode ini lebih spesifik dalam penentuan proses dengan dibantu pohon faktor.	Metode ini perlu melakukan analisis dan perhitungan terhadap proses untuk meningkatkan efisiensi waktu pemesinan (Prasetyo, 2014).

Tabel 3.1 Perbandingan Metode (lanjutan)

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Constructive Solid Geometry (CSG)	Metode ini secara internal sering di representasikan kombinasi primitive sederhana yang dimana membagi ruang dalam atau luar padatan dengan menggunakan operasi *boolean* penambahan ataupun pengurangan, seperti *Union*, *Cut*, *Intersect* (Requicha, 1980), Sehingga metode ini lebih spesifik dalam penentuan proses dengan dibantu pohon faktor.	Metode ini perlu melakukan analisis dan perhitungan terhadap proses untuk meningkatkan efisiensi waktu pemesinan (Prasetyo, 2014).
Verein Deutcher Ingenieure (VDI) 2221	Metode ini secara kelebihan mempertimbangkan dari benda kerja, kemudian konsep desain yang yang dibuat sesuai dengan fungsi keseluruhan, dikontrol dari segi kekuatan benda kerja. (Indra, 2014).	Metode ini kurang dalam memperhatikan segi penentuan urutan proses dan perhitungan waktu (Indra, 2014).
Process Planning	Para insinyur manufaktur melakukan metode ini di pabrik dalam proses perencanaan dengan melibatkan desain untuk menentukan urutan proses (Groover, 2010).	Metode ini dalam penentuan urutan proses kurang spesifik proses yang dilakukan dan juga perlu dilakukan proses lanjutan untuk beberapa kasus seperti pengecoran agar proses produksi selesai (Groover, 2010).

2.2. Alternatif Urutan Proses Produksi

Penentuan alternatif proses produksi dapat dilakukan dengan menggunakan pohon faktor yang terdapat pada metode *Constructive Solid Geometry* (CSG) untuk sebagai acuan. Urutan proses produksi dapat dilakukan perubahan atau modifikasi urutan agar menjadi beberapa alternatif. Alternatif yang sudah didapatkan nantinya akan diperhitungkan waktu dan total ongkos per produk nya, sehingga akan mendapat kan alternatif yang akan terpilih.

2.1. Menghitung dengan Parameter Pemesinan

***Milling* (Frais)** adalah proses pemesinan dimana menggunakan alat pisau untuk membuang sebagian *material* pada permukaan benda kerja dalam bentuk chip melalui rotasi pisau, benda kerja biasanya tidak berbentuk silinder. Mesin miling mempunyai tiga sumbu *axis* yaitu x, y, dan z sehingga dapat mengerjakan benda kerja dengan berbagai bentuk (Groover,2010). Parameter proses mesin *milling* (frais) sebagai berikut (Rochim, 1993):

1. Kecepatan *Spindle* (n)

$$n = \frac{V_c.1000}{n.D_{ph}} \quad (1)$$

Ket :

V_c = Kecepatan potong (mm/min)

D_{ph} : diameter pahat (mm)

N : kecepatan putar poros *spindle* (rpm)

2. Kecepatan Pemakanan (V_f)

$V_f = f \,.\, n \,.\, Zph$ (2)

Ket :
V_f : kecepatan pemakanan (mm/min)
f : gerak makan (mm/tooth)
Z_{ph} : jumlah mata potong pahat

3. Waktu Pemesinan (T*m*)

$$Tm = \frac{Lt}{Vf} \quad (3)$$

Ket :
Lt : panjang langkah pemakanan (mm)
V_f : kecepatan pemakanan (mm/min)

4. Waktu Efektif (*eff*)

$$T_{eff} = \frac{Lt \,.\, z}{f \,.\, Zph \,.\, n} \quad (4)$$

Ket :
Tc : waktu pemotongan (menit)
T_{eff} : waktu effektif pemakanan (menit)

z : banyaknya pemakanan

5. Kedalaman Pemotongan

$a \cdot t_o \cdot t_i$ (5)

Ket :

t_0 : tebal awal benda kerja (mm)
t_i : tebal akhir (mm)

6. Kecepatan Penghasilan Geram (MRR)

$MRR = (V_f \times a \times w)/1000$ (6)

Ket :
MRR : kecepatan penghasilan geram (cm^3/min)
a : kedalaman pemotongan (mm)
w : lebar pemotongan (mm)

***Turning* (Bubut)** adalah proses pemesinan dimana menggunakan *single* atau satu alat berupa pahat untuk membuang sebagian *material* dari permukaan benda kerja dalam bentuk

geram (*chip*) melalui perputaran dari benda kerja silinder (Groover, 2010). Parameter proses mesin *turning* (bubut) sebagai berikut (Rochim, 1993):

1. Kecepatan *Spindle* (n)

$$n = \frac{Vc.1000}{\Pi.Dph} \quad (7)$$

Ket :

V_C : kecepatan potong (mm/min)

D_{ph} : diameter pahat (mm)

n : kecepatan putar poros *spindle* (rpm)

2. Kecepatan Pemakanan (V_f)

$$V_f = f \,.\, n \,.\, Zph \quad (8)$$

Ket :

Vf : kecepatan pemakanan (mm/min) f : gerak makan (mm/tooth)

Z_{ph} : jumlah mata potong pahat

3. Waktu Pemesinan (T*m*)

$$Tc = \frac{Lt}{Vf} \quad (9)$$

Ket :

Lt : panjang langkah pemakanan (mm)

***4.* Waktu Efektif (T_{eff})**

$$T_{eff} = \frac{Lt \,.\, z}{f \,.\, Zph \,.\, n}$$

z = $\frac{Do-Di}{a}$

(10)

Ket :

Tc : waktu pemotongan (menit)

T_{eff} : waktu effektif pemakanan (menit)

z : banyaknya pemakanan

5. Kedalaman Pemotongan

$$a = \frac{Do-Di}{2}$$

(11)

Ket :

D_o : Diameter awal benda kerja (mm)

D_i : Diameter akhir benda kerja (mm)

6. Kecepatan Penghasilan Geram (MRR)

$$MRR = (f \times a \times V_c)/1000 \quad (12)$$

Ket :

MRR : kecepatan penghasilan geram (cm^3/min)

a : kedalaman pemotongan (mm)

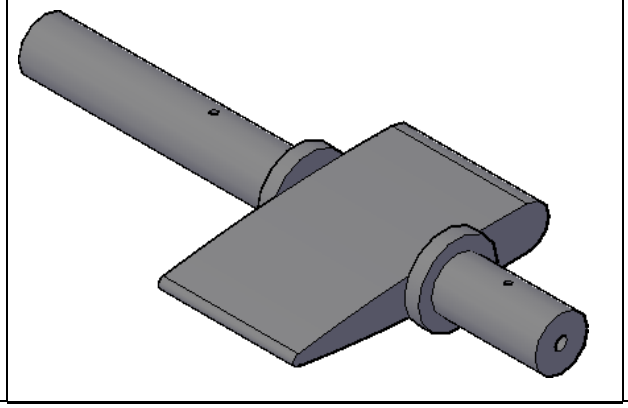
2.4 Analisis dan Kesimpulan

Hasil dari perhitungan parameter nantinya menghasilkan waktu maka dapat dianalisis terhadap perbedaan waktu yang dihasilkan dari setiap alternatifnya. Faktor yang menjadi pengaruh terhadap proses. Alternatif yang menghasilkan waktu lebih kecil akan menjadi kesimpulan bahwa alternatif tersebut yang terpilih dari hasil penelitian.

3. ISI

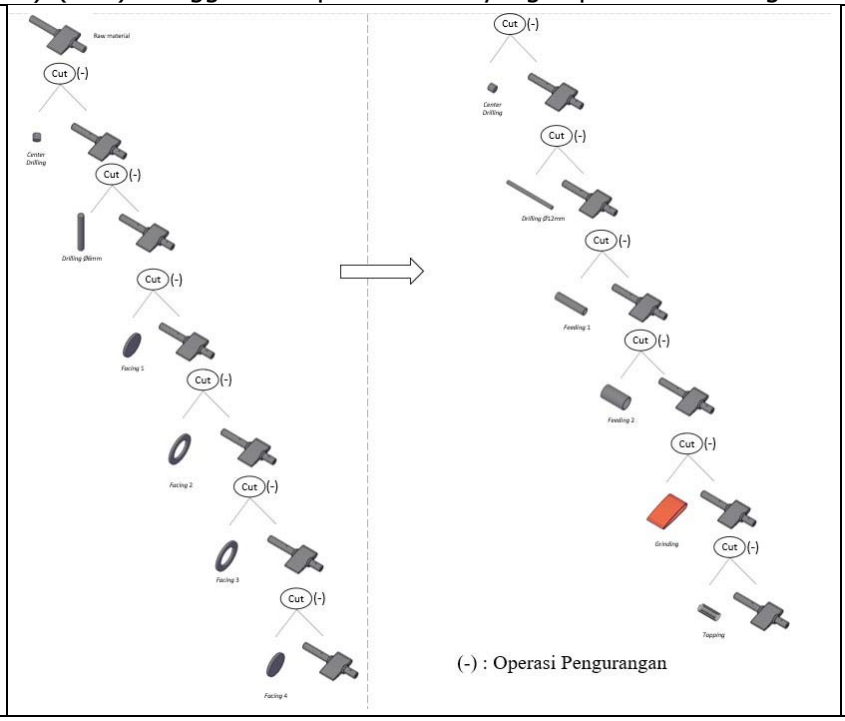
3.1 Hasil Penelitian

Data Produk komponen *guide vane*berupa gambar produk Dapat dilihat pada Gambar 3.

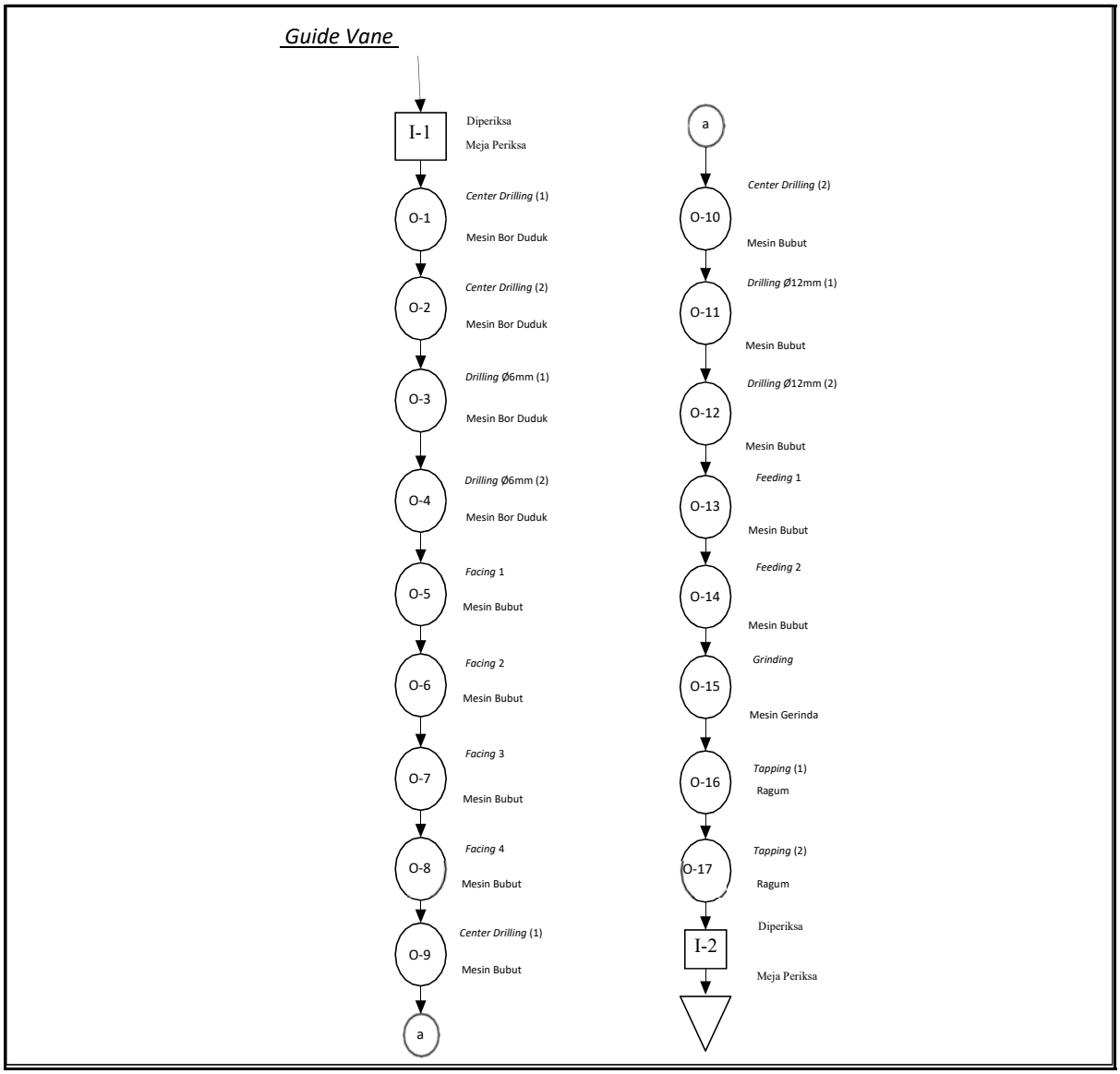


Gambar 3. Gambar Produk Komponen

Alternatif urutan proses produksi yang telah dibuat dengan metode *Constructive Solid Geometry* (CSG) menggunakan pohon faktor yang dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. Contoh Pohon Faktor Salah Satu Alternatif



Gambar 4. Contoh Peta Aliran Proses Salah Satu Alternatif

Rekapitulasi Waktu Teoritis Pada komponen *guide vane* dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu Teoritis

Alternative 1			Alternative 2			Alternative 3		
Machine Type	***Process***	***Time (Minute)***	***Machine Type***	***Process***	***Time (Minute)***	***Machine Type***	***Process***	***Time (Minute)***
-	*Loading*	2	-	*Loading*	2	-	*Loading*	2
Drilling Machine	*Setup*	5	*Turning (Lathe)*	*Setup*	5	*Drilling Machine*	*Setup*	5
	Center Drilling Ø 6	0,0044		*Feeding 1*	11,421		*Center Drilling Ø 6*	0,0044
	Setup	5		*Setup*	5		*Setup*	5
	Drilling Ø 6	0,0323		*Feeding 2*	4,836		*Drilling Ø 6*	0,0323
Turning (Lathe)	*Setup*	5		*Setup*	5	Turning (Lathe)	*Setup*	5
	Facing 1	0,141		*Facing 1*	0,103		*Facing 1*	0,141
	Facing 2	0,072		*Facing 2*	0,089		*Feeding 1*	11,191
	Setup	5		*Setup*	5		*Facing 2*	0,089
	Facing 3	0,072		*Facing 3*	0,089		*Setup*	5
	Facing 4	0,141		*Facing 4*	0,103		*Center Drilling Ø 6 (1)*	0,018
	Setup	5		*Setup*	5		*Setup*	5
	Center Drilling Ø 6 (1)	0,019		*Center Drilling Ø 6 (1)*	0,018		*Drilling Ø 12 (1)*	0,437
	Setup	5		*Setup*	5		*Setup*	5
	Center Drilling Ø 6 (2)	0,019		*Center Drilling Ø 6 (2)*	0,018		*Facing 3*	0,072
	Setup	5		*Setup*	5		*Feeding 2*	4,605
	Drilling Ø 12 (1)	0,481		*Drilling Ø 12 (1)*	0,437		*Facing 4*	0,103
	Setup	5		*Setup*	5		*Setup*	5
	Drilling Ø 12 (2)	0,215		*Drilling Ø 12 (2)*	0,195		*Center Drilling Ø 6 (2)*	0,018
	Setup	5	*Drilling Machine*	*Setup*	5		*Setup*	5
	Feeding 1	11,191		*Center Drilling Ø 6*	0,0044		*Drilling Ø 12 (2)*	0,195
	Setup	5		*Setup*	5	Grinding Machine	*Setup*	5
	Feeding 2	4,605		*Drilling Ø 6*	0,028		*Grinding*	10
Grinding Machine	*Setup*	5	Grinding Machine	*Setup*	5	Vise	*Setup*	5
	Grinding	10		*Grinding*	10		*Tapping 1*	5
Vise	*Setup*	5	Vise	*Setup*	5		*Setup*	5
	Tapping 1	5		*Tapping 1*	5		*Tapping 2*	5
	Setup	5		*Setup*	5	-	*Unloading*	2
	Tapping 2	5		*Tapping 2*	5			
-	*Unloading*	2	-	*Unloading*	2			
Total		105,9927	**Total**		106,3414	**Total**		95,9057

Alternatif 4			Alternatif 5		
Jenis Mesin	**Proses**	**Waktu (menit)**	**Jenis Mesin**	**Proses**	**Waktu (menit)**
-	*Loading*	2	-	*Loading*	2
Drilling Machine	*Setup*	5	*Drilling Machine*	*Setup*	5
	Center Drilling Ø 6	0,0044		*Center Drilling Ø 6*	0,0044
	Setup	5		*Setup*	5
	Drilling Ø 6	0,028		*Drilling Ø 6*	0,028
Turning (Lathe)	*Setup*	5	Turning (Lathe)	*Setup*	5
	Feeding 1	11,421		*Facing 1*	0,141
	Facing 1	0,103		*Facing 2*	0,072
	Facing 2	0,089		*Setup*	5
	Setup	5		*Center Drilling Ø 6 (1*	0,019
	Center Drilling Ø 6 (1)	0,018		*Setup*	5
	Setup	5		*Drilling Ø 12 (1)*	0,481
	Drilling Ø 12 (1)	0,437		*Setup*	5
	Setup	5		*Feeding 1*	11,191
	Feeding 2	4,836		*Setup*	5
	Facing 3	0,089		*Facing 3*	0,072
	Facing 4	0,103		*Facing 4*	0,141
	Setup	5		*Setup*	5
	Center Drilling Ø 6 (2)	0,018		*Center Drilling Ø 6 (2*	0,019
	Setup	5		*Setup*	5
	Drilling Ø 12 (2)	0,195		*Drilling Ø 12 (2)*	0,215
Grinding Machine	*Setup*	5		*Setup*	5
	Grinding	10		*Feeding 2*	4,605
Vise	*Setup*	5	Grinding Machine	*Setup*	5
	Tapping 1	5		*Grinding*	10
	Setup	5	Vise	*Setup*	5
	Tapping 2	5		*Tapping 1*	5
-	*Unloading*	2		*Setup*	5
				Tapping 2	5
			-	*Unloading*	2
Total		96,3414	**Total**		105,9884

Analisis Pengaruh Urutan Proses Terhadap Waktu, Urutan proses yang dihasilkan ada 5 alternatif yang masing-masing menghasilkan waktu yang berbeda. Dalam alternatif 1 sampai 5 menggunakan mesin yang sepenuhnya konvensional. Perbedaan waktu yang dihasilkan sedikit berbeda, hal itu terjadi karena hasil pengolahan data dipengaruhi oleh urutan proses yang dibuat. Dalam pengolahan data ada perhitungan parameter yang dipengaruhi oleh ukuran benda kerja dalam proses seperti tinggi, panjang, dan diameter,

yang mempengaruhi hasil parameter ini. Penentuan proses juga mempengaruhi pengaturan yang dilakukan, semakin sedikit pengaturan semakin kecil waktu yang dihasilkan serta semakin banyak pengaturan semakin besar waktu yang dihasilkan.

Analisis Pemilihan Alternatif Urutan Proses Produksi, Urutan alternatif proses produksi dengan menggunakan metode *Constructive Solid Geometry* (CSG) menghasilkan 5 alternatif urutan proses produksi dengan batasan proses yang ada seperti halnya proses *center drilling* harus dilakukan sebelum proses *drilling* karena kedua proses tersebut dapat dikatakan hirarki maka dari itu menghasilkan waktu yang berbeda. Banyak faktor yang mempengaruhi waktu**,** Pada alternatif 1 sampai 5 menggunakan mesin konvensional saja dapat dilihat bahwa alternatif 3 menghasilkan waktu yang lebih cepat, maka dari itu apabila dengan kondisi menggunakan mesin konvensional alternatif 3 yang terpilih.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian mendapatkan kesimpulan bahwa alternatif yang dihasilkan terdapat 5 alternatif urutan proses produksi, 5 alternatif dilakukan secara mesin konvensional dan kombinasi urutan proses. Alternatif urutan proses produksi yang terpilih adalah alternatif 3 dengan waktu lebih kecil dari alternatif yang lainnnya.

DAFTAR PUSTAKA

Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. United States of America: Wiley & Sons.

Indra, A. K. dan Saepudin. (2014). *Aplikasi Metoda VDI 2222 Pada Proses Perancangan Welding Fixture untuk Sambungan Cerobong Dengan Teknologi CAD/CAE*. Bandung : Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.

Requicha, A. A. G. (1980). Representations for Rigid Solids: Theory, Methods and Systems, *ACM Computing Surveys*, (pp. 437-464).

Rochim, Taufiq (1993). *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung.