BAB II

STUDI LITERATUR

Bab ini berisikan teori – teori yang digunakan adalah kualitas (*quality*), perencanaan urutan proses produksi, *milling*, *turning*, *computer numerical control* (CNC), parameter-parameter yang ada pada *milling* dan *turning*, lembar kerja proses, harga kekasaran permukaan, dan perhitungan ongkos proses produksi.

2.1 PROSES MANUFAKTUR

Proses manufaktur adalah prosedur yang dirancang untuk menghasilkan bahan kerja awal dengan tujuan untuk meningkatkan nilai bahan tersebut. Menurut Groover (2010) proses manufaktur biasanya dilakukan sebagai unit operasi, yang artinya adalah satu langkah dalam urutan langkah yang diperlukan untuk mengubah bahan awal menjadi bahan akhir produk. Operasi manufaktur terbagi menjadi dua jenis yaitu pemrosesan dan perakitan, pemrosesan mengubah sebuah karya materi dari satu kondisi penyelesaian ke kondisi yang lebih maju yang lebih dekat ke produk akhir yang diinginkan dengan mengubah geometri, property atau tampilan bahan awal. Perakitan menggabungkan dua atau lebih komponen untuk membuat entitas baru yang disebut dengan *assembly* atau istilah lain proses penyambungan.

Proses penghilangan material adalah operasi yang dilakukan untuk menghilangkan kelebihan material dari awal benda kerja sehingga bentuk yang dihasilkan sesuai dengan geometri yang diinginkan. Menurut Groover (2010) proses yang paling penting dalam kategori ini adalah operasi pemesinan seperti *turning*, *drilling* dan *milling*. Sebagian besar proses produksi menghasilkan limbah atau skrap baik sebagai aspek alami dari proses misalnya, membuang *material* seperti dalam permesinan atau dalam bentuk potongan cacat. Operasi atau proses yang dilakukan dalam urutan tertentu sangat diperlukan untuk mencapai geometri dengan kondisi yang ditentukan oleh spesifikasi desain, sehingga lebih dari satu

operasi pemrosesan biasanya diperlukan untuk mengubah *material* awal menjadi bentuk akhir yang diinginkan.

2.2 PERENCANAAN URUTAN PROSES PRODUKSI

Menurut Bedwoorth (1987) setiap informasi yang ada pada perencanaan proses produksi ini perlu mencakup semua aspek manufaktur termasuk fasilitas penyimpanan, pemeliharaan, produksi, inspeksi, pengiriman, penerimaan, dan semua area pendukung. kunci keberhasilan adalah mengintegrasikan berbagai kegiatan ini melalui sistem informasi jaringan. Desain yang benar sangat penting untuk mengkomunikasikan informasi ke dan dari lantai produksi serta ke dan dari kegiatan perencanaan produksi dan control dari produksinya itu sendiri. Pemilihan operasi yang benar pada saat melakukan proses produksi dapat menentukan hasil akhir dari suatu produk yang akan diproduksi nantinya.

Perencanaan proses produksi juga tidak terlepas dari yang namanya pemilihan proses operasi, alat yang digunakan, urutan proses produksi, dan pemilihan mesin yang akan digunakan nantinya. Beberapa *input* utama yang dapat dibutuhkan pada lantai produksi guna untuk menunjang perencanaan proses produksi berlangsung adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan pada saat proses.
2. Alat-alat yang digunakan saat produksi berlangsung.
3. Tentukan jenis *part material* yang digunakan.
4. Perencanaan pemindahan material.
5. Status kinerja operator.
6. Identifikasi seluruh proses dan urutan yang digunakan.
7. Tentukan parameter pemesinan untuk setiap evaluasi.
8. Lembar Kerja Proses (LKP).

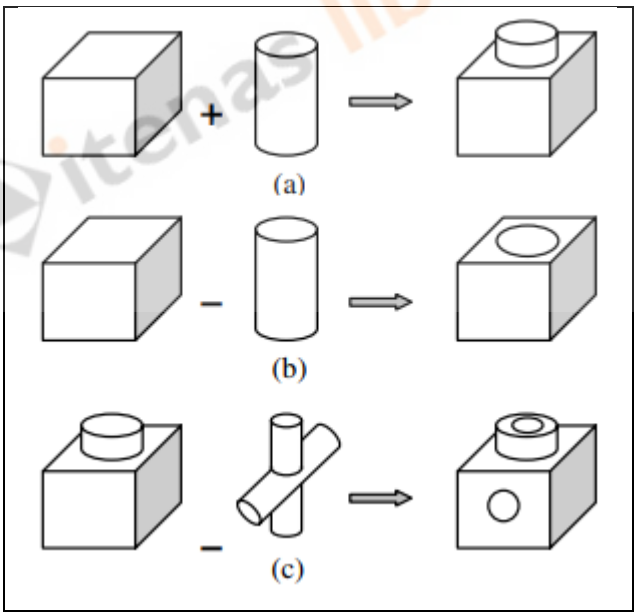
2.3 *CONSTRUCTIVE SOLID GEOMETRY* (CSG)

Menurut Requicha (1980) beberapa skema telah dirancang untuk membentuk representasi dari suatu padatan yang meliputi kotak, silinder, kerucut, bola dan tabung, salah satunya yaitu *Constructive Solid Geometry* (CSG) yaitu

dimana secara internal sering direpresentasikan sebagai kombinasi primitive sederhana yang dimana membagi ruang didalam dan diluar padatan dengan menambah atau mengurangi bagian padatan tersebut.

Constructive Solid Geometry (CSG) ini dikenal sebagai pendekatan *machinist* karena dekat dengan praktik yang ada pada bengkel mesin. Metode ini membentuk suatu padatan dengan menambahkan dan mengurangkan suatu padatan menggunakan kombinasi operasi *boolean* diantaranya *union, cut,* dan *intersect* dimana:

1. *Union* merupakan opersi untuk menggabungkan dua volume dimasukan dalam padatan menjadi padatan tunggal.
2. *Cut* merupakan operasi pengurangan *volume* benda dari suatu bentuk padat ke padat lainnya.
3. *Intersect* merupakan proses yang digunakan hanya untuk membuat *volume* suatu benda.



Gambar 2.1 Contoh Sederhana *Constructive Solid Geometry* (CSG)
(Sumber : Hamzah, K. dan Saltou, K. (2004))

Berikut ini merupakan penjelasan dari Gambar 2.1 Contoh Sederhana dari penggunaan *Constructive Solid Geometry* (CSG) :

1. Gambar (a) menjelaskan sebuah kotak dan silinder ditambahkan dengan menggunakan proses *union* atau penggabungan sehingga membentuk silinder dalam kotak.
2. Gambar (b) menjelaskan sebuah kotak dan silinder digabungkan dengan menggunakan proses *cut* atau pengurangan sehingga membentuk kotak dengan lubang silinder.
3. Gambar (c) menjelaskan sebuah padatan yang digabungkan dengan padatan lain sehingga membentuk padatan yang lebih kompleks.

Davy (1987) mengidentifikasi bahwa CSG mewakili padatan dengan bentuk struktur pohon, struktur pohon ini membentuk proses yang akan dilakukan dengan menggunakan operator *boolean* saat membentuk proses, CSG normalnya berkaitan dengan bentuk dari 3 dimensi. Menurut Hamza (2004) CSG adalah representasi benda padat yang penyusunannya adalah seperti kubus, silinder atau bola. Dengan demikian kebanyakan benda *solid* yang diwakili oleh CSG relative lebih mudah dibuat karena memiliki permukaan geometri yang sederhana.

Shih (2015) mengatakan CSG disebut juga dengan metode yang digunakan untuk menyimpan database yang dihasilkan menggunakan pohon faktor yang dimana berisikan proses yang akan digunakan. Pohon faktor ini akan dihubungkan satu sama lain untuk membuat objek terakhir menjadi suatu produk. Ini juga dapat memodifikasi model proses yang akan dilakukan nantinya. Konsep CSG juga digunakan sebagai perencanaan fitur atau proses yang diperlukan sebagai membangun dan proses pembuatan yang dibutuhkan untuk desain suatu model atau bentuk padatan.

Untuk mengkonversi pohon CSG ke dalam struktur data sekunder berdasarkan octrees (Holliman et Al. 1993) menggunakan proses pembagian ruang padatan. Sebagian besar bagian sederhana pohon CSG dapat dibentuk dari kombinasi geometris bentuk, dikenal dalam istilah pemodelan primitive (bola, kerucut, silinder, kubus). Deskripsi yang dilakukan untuk tujuan tampilan grafis, dimana objek atau produk yang dibangun menggunakan CSG dijamin menjadi objek tiga dimensi yang valid dan tidak ambigu berdasarkan pohon faktor tersebut.

Menurut penelitian dari Prasetyo (2014) Institut Teknologi Nasional, dengan menggunakan metode *Constructive Solid Geometry* (CSG) dihasilkan sebanyak 3 alternatif proses pada bagian atas benda kerja dan 6 proses pada bagian bawah benda kerja. Metode ini digunakan untuk membuat alternatif usulan proses produk *Silicon Plate* untuk meminimumkan waktu pemesinan. Berdasarkan penelitian tersebut, dalam penentuan urutan proses produksi yang pertama dilakukan peneliti adalah melihat bentuk produk yang akan dibuat berupa *raw material* dan kemudian melihat proses apa saja yang akan digunakan untuk memproduksi *Silicon Plate*, setelah proses apa saja yang dapat digunakan kemudian melakukan modifiasi terhadap urutan proses tersebut dengan menggunakan *Constructive Solid Geometry* (CSG) dengan menggunakan penambahan dan pengurangan objek yang kemudian mengahsilkan urutan-urutan proses produksi sebelum menjadi produk *Silicon Plate* tersebut.

Berdasarkan pengertian dari beberapa ahli yang telah disebutkan diatas dan penelitian Prasetyo (2014), dapat diringkas menjadi poin-poin berikut ini :

1. Analsis dari *raw material* yang akan dilakukan proses produksi.
2. Penentuan urutan proses produksi yang dapat dilakukan, menggunakan pohon faktor yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.
3. Memodifikasi urutan proses tersebut menjadi beberapa alternatif yang dapat menghasilkan urutan proses yang terbaik.

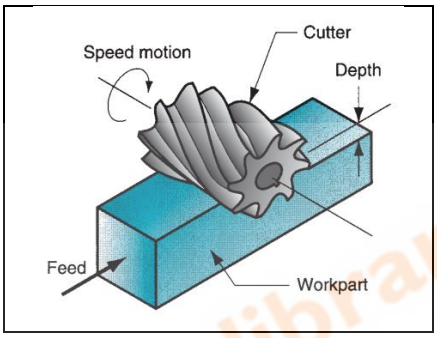
2.4 *MILLING* (FRAIS)

Milling (Frais) adalah proses pemesinan dimana menggunakan alat berupa pisau untuk membuang sebagian *material* dari permukaan benda kerja dalam bentuk geram (*chip*) melalui perputaran pisau yang tegak lurus terhadap benda kerja, benda kerja yang diproses biasa berbentuk non silinder (Groover, 2010). Mesin *milling* adalah jenis mesin perkakas yang mempunyai keistimewaan tersendiri karena mesin *milling* merupakan salah satu mesin yang dapat mengerjakan berbagai bentuk benda kerja dan mempunyai tiga *axis* sumbu yaitu x, y, dan z.

2.4.1 Operasi Mesin *Milling*

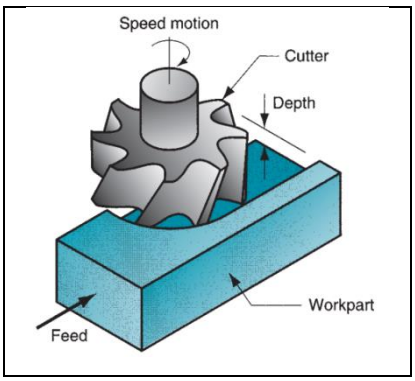
Untuk mengoperasikan mesin *milling* diperlukan mata pisau yang sesuai dengan mesin *milling* yang akan digunakan nantinya. Beberapa tipe operasi yang ada pada mesin *milling* dapat dilihat dibawah ini (Groover, 2010):

1. ***Peripheral Milling***, sumbu pisau sejajar dengan permukaan yang sedang dikerjakan, dan operasi dilakukan dengan memotong tepi pada bagian luar pemotong dan permukaan benda kerjanya *flat*. Proses *Peripheral Milling* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Peripheral Milling*
(Sumber : Groover (2010))

2. ***Face Milling***, sumbu pemotong tegak lurus terhadap permukaan yang sedang dikerjakan, dan pemesinan dilakukan dengan memotong tepi pada kedua ujung dan pinggiran luar pemotong. Proses *Face Milling* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Face Milling*
(Sumber : Groover (2010))

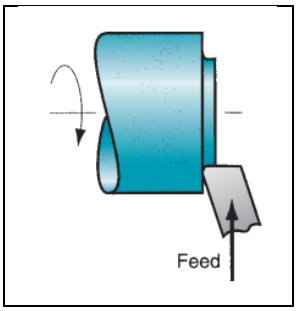
2.5 *TURNING* (BUBUT)

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). Bubut secara tradisional dilakukan pada alat mesin yang disebut *lathe*, yang memberikan daya untuk memutar bagian pada kecepatan rotasi tertentu dan memberikan pemakan alat potong pada kecepatan dan kedalaman yang ditentukan. Meskipun mesin bubut pada umumnya digunakan untuk pengerjaan benda-benda yang berbentuk silinder tetapi mesin bubut dapat memproses untuk benda non silinder yang menggunakan *four jaws chuck* (cekam rahang empat) sebagai pencengkraman benda non silinder.

2.5.1 Operasi Mesin *Turning*

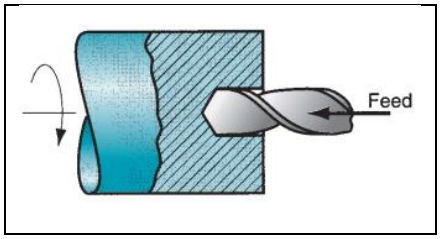
Untuk mengoperasikan mesin bubut diperlukan mata pahat yang sesuai dengan bentuk ataupun proses yang akan dikerjakan pada benda kerja tersebut. Beberapa tipe operasi yang ada pada mesin bubut dapat dilihat dibawah ini (Groover, 2010):

1. ***Facing***, proses ini digunakan untuk meratakan pada bagian ujung permukaan benda kerja, selain itu *facing* digunkan untuk mengurangi panjang dari benda kerja yang akan diproses nantinya. Proses *Facing* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



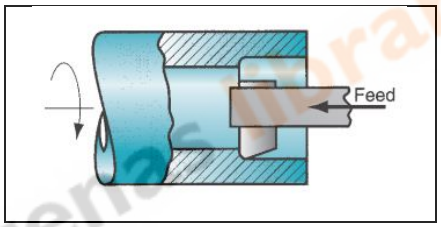
Gambar 2.4 *Facing*
(Sumber : Groover (2010))

2. ***Drilling***, proses ini digunakan untuk melubangi pada bagian ujung benda kerja. Proses *Drilling* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



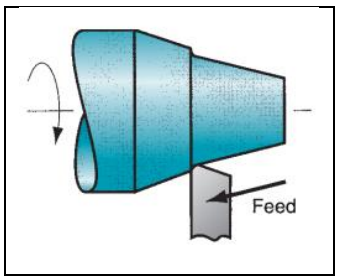
Gambar 2.5 *Drilling*
(Sumber : Groover (2010))

3. ***Boring***, proses ini digunakan untuk memperbesar lubang yang telah diproses *drilling* sebelumnya, biasanya *boring* menggunakan pahat bubut dalam untuk melakukan prosesnya. Proses *Boring* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



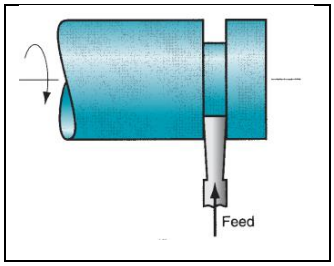
Gambar 2.6 *Boring*
(Sumber : Groover (2010))

4. ***Feeding***, proses ini digunakan untuk mengurangi diameter benda kerja, pengerjaan ini dilakukan agar menghasilkan tepi permukaan yang halus dan rata. Proses *Feeding* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



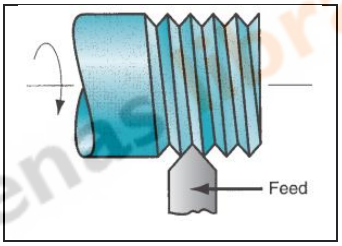
Gambar 2.7 *Feeding*
(Sumber : Groover (2010))

5. **Alur**, proses ini digunakan untuk memberikan bentuk pada benda dibagian tertentu dan sebagai batas untuk proses ulir nantinya, fungsi alur ini sebagai keluarnya geram ketika membuat ulir. Proses Alur dapat dilihat pada Gambar 2.8.



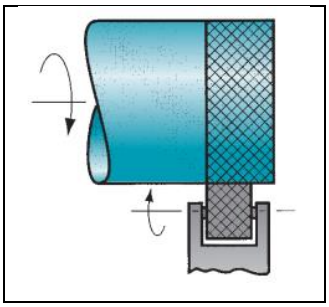
Gambar 2.8 Alur
(Sumber : Groover (2010))

6. ***Threading***, proses ini digunakan untuk membuat ulir pada benda kerja silinder tersebut. Proses *Threading* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



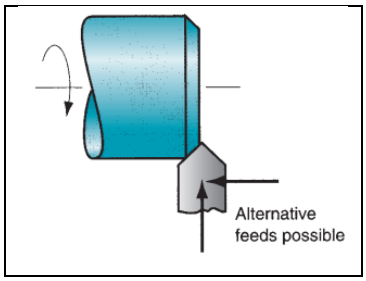
Gambar 2.9 *Threading*
(Sumber : Groover (2010))

7. ***Knurling***, proses ini digunakan untuk pembubutan luar dengan menggunakan pahat khusus dengan tujuan membuat profil khusus pada benda kerja. Proses *Knurling* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Knurling*
(Sumber : Groover (2010))

8. ***Chamfering***, proses ini digunakan untuk membuat tirus pada benda kerja silinder seperti berbentuk kerucut. Proses *Chamfering* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Chamfering*
(Sumber : Groover (2010))

2.6 *COMPUTER NUMERICAL CONTROL* (CNC)

Menurut (Rochim, 1993) mesin perkakas NC sebenarnya menyerupai dengan mesin perkakas biasa pada umumnya yang terdiri atas berbagai jenis sesuai dengan jenis proses yang bisa dilakukannya. Mesin CNC tersebut memerlukan berbagai perangkat lunak berupa program dalam pengoperasiannya, seara langsung atau tidak langsung memanfaatkan program-program tersebut ketika mesin mesin NC digunakan untuk membuat produk. Dibandingkan dengan mesin konvensial yang setaraf dan sejenis, mesin NC dikatakan lebih teliti, lebih tepat, lebih luwes dan lebih produktif pula. Konstruksi mesin perkakas NC seara umum lebih baik dengan transmisi yang kompak dan pemakaian elemen pembimbing serta penggerak yang lebih teliti.

2.7 PARAMETER PROSES *MILLING*

Berikut ini merupakan parameter-parameter proses mesin *milling* menurut Rochim 1993 yang dapat dilihat dibawah ini:

1. Kecepatan *Spindle* (n)

$$n = \frac{Vc.1000}{\Pi.Dph} \quad (2.1)$$

V_C : kecepatan potong (mm/min)

D_{ph} : diameter pahat (mm)

n : kecepatan putar poros *spindle* (rpm)

2. Kecepatan Pemakanan (V_f)

V_f $= f \,.\, n \,.\, Zph$ (2.2)

V_f : kecepatan pemakanan (mm/min)

f : gerak makan (mm/tooth)

Z_{ph} : jumlah mata potong pahat

3. Waktu Pemesinan (T*m*)

Tc $= \frac{Lt}{Vf}$ (2.3)

Lt : panjang langkah pemakanan (mm)

V_f : kecepatan pemakanan (mm/min)

4. Waktu Efektif (T_{eff})

T_{eff} $= \frac{Lt \,.\, z}{f \,.\, Zph \,.\, n}$ (2.4)

Tc : waktu pemotongan (menit)

T_{eff} : waktu effektif pemakanan (menit)

z : banyaknya pemakanan

5. Kedalaman Pemotongan

$a = t_o - t_i$ (2.5)

t_0 : tebal awal benda kerja (mm)

t_i : tebal akhir (mm)

6. Kecepatan Penghasilan Geram (MRR)

MRR = (V_f x a x w)/1000 (2.6)

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

a : kedalaman pemotongan (mm)

w : lebar pemotongan (mm)

2.8 PARAMETER PROSES *TURNING*

Berikut ini merupakan parameter-parameter proses mesin *turning* menurut Rochim 1993 yang dapat dilihat dibawah ini:

itenas library

1. Kecepatan *Spindle* (n)

$$n = \frac{Vc.1000}{\Pi.Dph} \quad (2.7)$$

V_C : kecepatan potong (mm/min)

D_{ph} : diameter pahat (mm)

n : kecepatan putar poros *spindle* (rpm)

2. Kecepatan Pemakanan (V_f)

$$V_f = f \,.\, n \,.\, Zph \quad (2.8)$$

Vf : kecepatan pemakanan (mm/min)

f : gerak makan (mm/tooth)

Z_{ph} : jumlah mata potong pahat

3. Waktu Pemesinan (T*m*)

$$Tc = \frac{Lt}{Vf} \quad (2.9)$$

Lt : panjang langkah pemakanan (mm)

4. Waktu Efektif (T_{eff})

$$T_{eff} = \frac{Lt \,.\, z}{f \,.\, Zph \,.\, n} \qquad z = \frac{Do-Di}{à} \quad (2.10)$$

Tc : waktu pemotongan (menit)

T_{eff} : waktu effektif pemakanan (menit)

z : banyaknya pemakanan

5. Kedalaman Pemotongan

$$a = \frac{Do-Di}{2} \quad (2.11)$$

D_o : Diameter awal benda kerja (mm)

D_i : Diameter akhir benda kerja (mm)

6. Kecepatan Penghasilan Geram (MRR)

$$MRR = (f \times a \times V_c)/1000 \quad (2.12)$$

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

a : kedalaman pemotongan (mm)

itenas library

2.9 LEMBAR RENCANA PROSES

Menurut Ganjar (2012) Lembar Rencana Proses (LRP) merupakan representasi dalam bentuk tabular yang menyatakan urutan-urutan operasi beserta paramternya, dalam pembuatan suatu komponen. Lembar Rencana Proses dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

LEMBAR KERJA PROSES

Halaman ke- :
Dibuat Oleh :

Material :
Ukuran Panjang : mm
Lebar : mm
Tinggi : mm

Nama Komponen :
Tanggal :

Urutan Proses	Uraian Proses	Stasiun kerja	*Setup*		*Tools*	Waktu *Setup* (Menit)	Waktu Proses (Menit)	Waktu Total (Menit)	Gambar Hasil Proses
			No *Setup*	Alat Bantu					

Gambar 2.12 Lembar Rencana Proses
(Sumber : Febriansyah (2015))

Bebrapa manfaat yang dapat diambil dari Lembar Rencana Proses (LRP) dapat dilihat dibawah ini:

1. Untuk mengetahui urutan proses yang akan dilaksanakan.
2. Untuk mengetahui proses-proses yang akan dilaksanakan dalam proses produksi suatu komponen.
3. Untuk mengetahui waktu proses yang dibutuhkan dalam proses produksi suatu komponen.
4. Untuk mengetahui waktu *setup* yang dibutuhkan dalam proses produksi suatu komponen.
5. Untuk mengetahui stasiun kerja yang akan digunakan.
6. Untuk mengetahui *setup* dari alat bantu yang akan digunakan.
7. Untuk mengetahui *tools* yang akan digunakan.
8. Untuk mengetahui gambar hasil proses yang dilakukan.
9. Untuk mengetahui jenis dan ukuran *material* yang akan digunakan.

2.10 HARGA KEKASARAN PERMUKAAN

Menurut Takeshi Sato (1978) Permukaan benda adalah batas yang memisahkan antara benda padat tersebut dengan sekelilingnya. Konfigurasi permukaan merupakan suatu karakteristik geometri golongan mikrogeometri. Harga kekasaran permukaan benda kerja yang umumnya dipakai dalam dunia proses produksi adalah kekasaran rata-rata atau yang biasa dikenal dengan symbol (Ra). Nilai dari harga kekasaran tersebut berasal dari proses permesinan benda kerja tersebut dan tergantung dari proses pengerjaan yang dilakukan. Menurut ISO 1302 - 1978 yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga dari rata-rata kekasaran permukaan.

Setiap proses pemesinan terhadap benda kerja seperti pembubutan maupun pengefraisan akan mengalami kekasaran permukanaan, dimana kekasaran permukaan ini dilambangkan dengan huruf N, N1 sampai N12 dimana diartikan sebagai N yang paling halus hingga N yang paling kasar pada saat pemrosesan. Pertimbangan utama untuk kekasaran adalah penyimpangan rata-rata metik, guna untuk menghindari salah tafsir dari nilai numeriknya, yang dapat dinyatakan dalam satuan-satuan yang berlainan (micrometer atau microinch) ukurannya dapat dinyatakan dalam angka kelas kekasaran, yang dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 2.1 Harga Kekasaran Menurut Standar ISO, Takeshi Sato
(Sumber : Takeshi Sato (1978))

Harga kekasaran (Ra) μ m	Angka kelas kekasaran
50	N12
20	N11
12,5	N10
6,3	N9
3,2	N8
1,6	N7
0,8	N6
0,4	N5
0,2	N4
0,1	N3
0,05	N2
0,025	N1

2.11 PERHITUNGAN ONGKOS PROSES PRODUKSI

Menurut Rochim (1993) perhitungan ongkos proses produksi dapat dilihat pada rumus dibawah ini:

1. *Consumable Cost*

Consumable cost merupakan daftar alat-alat yang digunakan dalam membuat komponen *oil cooler* yang diproses di mesin *milling* dan mesin bubut.

2. Tabel Harga *Material*

Tabel harga *material* digunakan untuk harga dari jenis *material* yang akan digunakan untuk mencari volume awal benda kerja, massa jenis benda kerja dan total harga yang dihasilkan dari benda kerja tersebut.

3. Ongkos *Material*

$C_M = C_{MO} + C_{MI}$ (2.13)

Dimana :

C_{Mo} = harga pembelian; Rp/produk

C_{Mi} = ongkos angkut *material*; Rp/produk

C_M = ongkos *material* ;Rp/Produk

Ongkos angkut *material* diasumsikan 10% dari total harga pembelian *material* karena ongkos angkut *material* dikenakan biaya angkut yang tidak tetap.

4. Ongkos Perancangan Produk (C_{plan})

Ongkos perancangan produk diasumsikan sebesar 50rb / komponen

5. Harga dan Umur Mesin

Tabel 2.2 Harga dan Umur Mesin

Nama Mesin	Harga (Rp)	Waktu Penyusutan
Mesin Frais	85.000.000	10 tahun
Mesin Bubut	85.000.000	10 tahun
Mesin CNC	800.000.000	10 tahun

6. Depresiasi Mesin

C_f = Harga / (10tahun*(22hari*12bulan)*8jam) (2.14)

Dimana :

C_f = ongkos sewa atas penggunaan mesin; Rp/jam

7. Upah Operator Tiap Mesin (C_d); Rp/jam

Cd = UMK / (8jam x 22hari) (2.15)

8. Tabel Daya Mesin

Tabel 2.3 Daya Mesin

Nama Mesin	Daya Nominal (KWH)
Mesin Frais	2,3
Mesin Bubut	2,3
Mesin CNC	2,5

9. Ongkos Daya Mesin

C_i = daya nominal tiap mesin x harga per KWH (2.16)

10. Total Ongkos Operasi Mesin (C_j)

$C_j = C_f + C_d + C_i$; Rp/jam (2.17)

Dimana :

C_j = total ongkos operasi mesin; Rp/jam

C_f = ongkos sewa mesin; Rp/jam

C_d = ongkos variabel langsung mesin (upah operator); Rp/jam

C_i = ongkos variabel tak langsung mesin (ongkos daya); Rp/jam

11. Ongkos Proses Pemesinan ($\sum C_p$)

$\Sigma C_p = (\Sigma C_j$ x waktu total) + *consumable cost* ; Rp/jam (2.18)

Waktu total = ($\sum$Tproses + $\sum$*loading* + $\sum$*unloading* + $\sum$*setup*)/60

12. Total Ongkos per Produk

$C_u = C_M + C_{plan} + \sum C_p$; Rp/produk (2.19)

2.12 LANGKAH-LANGKAH METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan metodologi penelitian pada bab 3, langkah-langkah atau tahapan yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah dengan diawali perumusan masalah, perumusan masalah ini mengacu kepada masalah yang akan dibahan pada penelitian kali ini yaitu tentang urutan proses produksi pada komponen *oil cooler* turbin yang dapat dilhat pada subbab 1.2 Rumusan Masalah. Kemudian dilanjut

dengan studi literature yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu berisikan teori-teori pendukung untuk penelitian yang dapat dilihat teori-teori tersebut pada subbab 2.1 sampai dengan 2.11 pada bab 2. Penenetuan metode pemecahan masalah menggunakan metode *Constructive Solid Geometry* (CSG) dimana metode ini menggunakan konsep penambahan atau pengurangan objek padatan 3D dan menggunakan pohon faktor yang berfungsi sebagai penjabaran dari proses dan urutan proses apa saja yang dapat dilakukan pada komponen *oil cooler* sehingga dapat menentukan waktu produksi dan biaya produksi yang dihasilkan. Kemudian dilanjutkan dengan identifikasi produk, dimana identifikasi dilakukan pada *raw material* yang akan digunakan hingga proses yang memungkinkan untuk dilakukan pada *raw material* tersebut.

Setelah melakukan identifikasi terhadap *raw material*, terdapat 4 alternatif yang dihasilkan dari identifikasi tersebut. Dimana alternatif 1 dan 2 menggunakan mesin konvensional secara keseluruhan dan untuk alternatif 3 dan 4 menggunakan kombinasi mesin antara mesin konvensional dan non konvensional. Pengolahan data dilakukan untuk mencari waktu dan biaya yang dihasilkan dari alternatif tersebut, pengolahan data dimulai dari perhitungan dengan menggunakan parameter pemesinan seperti kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, waktu pemesinan, waktu efektif, kedalaman pemotongan dan kecepatan penghasilan geram. Selanjutnya dilakukan perhitungan ongkos pemesinan sampai dengan total ongkos perproduk yang dapat dilihat pada bab 2 pada subbab 2.11. Kemudian dilanjutkan dengan analisis dari urutan proses yang dihasilkan dan biaya yang dihasilkan setiap alternatifnya. Terakhir diambil kesimpulan dari alternatif yang digunakan.

itenas library