

DESAIN MANUFAKTUR BRACKET ALUMINIUM

Rudianto Raharjo, Teguh Dwi Widodo, Redi Bintarto
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145
Telp/ Fax (0341) 8051752
E-mail: rudiantoraharjo@ub.ac.id

Abstract

Machining is one of the processes in a manufacturing of a product. Manufacturing design is needed for improving the quality of a product. The desired manufacturing process is the achievement of a product with a smooth level of roughness and a short time. Bracket is one component of a series of machines. Work on bracket using CNC milling and Turning machine. The material used is aluminum alloy 6063. The main variables in this machining process are the speed of feeding, cutting speed and feeding motion. The results achieved in the machining process of this bracket are for the roughness on the surface of the N5 with Ra (ideal) = $0.4 \mu\text{m}$ of Ra (actual) = $0.410 \mu\text{m}$. As for the roughness of N6 with Ra (ideal) = $0,8 \mu\text{m}$ obtained result Ra (actual) = $0,832 \mu\text{m}$ and $0,625 \mu\text{m}$. Total machining time for one workpiece are 1 hour 57 minutes 25 seconds.

Keywords: *surface roughness, cutting speed, feed rate, depth of cut.*

PENDAHULUAN

Permintaan pasar akan produk manufaktur berbahan dasar logam yang berkualitas dan variatif kian meningkat seiring dengan ditemukannya berbagai macam metode dalam memproduksi barang. Produk yang berkualitas ditentukan dari fungsi dan jangka waktu penggunaan. Jangka waktu pemakaian produk juga ditentukan oleh pemilihan material, proses pengerjaan dan Permesinan, dan kontrol kualitas sebelum produk sampai ke tangan *customer*.

Proses Permesinan merupakan proses untuk mendapatkan geometri dan kualitas produk yang dikehendaki dengan cara memotong logam (ditunjukkan dengan terbentuknya geram/*chips*) [1]. Dalam perkembangannya, sesuai dengan kemajuan teknologi pembuatan komponen logam yang lain (proses penuangan/*casting* dan proses pembentukan/*forming*), proses Permesinan sampai saat ini masih tetap merupakan proses yang paling banyak digunakan (60% sampai dengan 80%) didalam membuat suatu mesin yang komplit [2].

Oleh karena itu, proses Permesinan merupakan salah satu parameter penting dalam industri manufaktur. Keberadaannya menjadi salah satu faktor penentu dalam mempengaruhi kinerja suatu produk, terutama yang berbahan dasar logam [3].

Proses Permesinan dapat dilakukan hampir pada semua bahan teknik, sekalipun hanya menggerinda atau menghaluskan [4]. Salah satu aplikasinya yakni dalam pembuatan *bracket*. Untuk pembuatan *bracket* dapat menggunakan mesin CNC dengan/tanpa proses pengecoran terlebih dahulu. Nantinya *bracket* dapat melengkapi proses perakitan khususnya pada *sealed shaft unit* (rangkaiannya poros tertutup). *Sealed shaft unit* merupakan rangkaian dari beberapa komponen dalam sebuah konstruksi alat/mesin yang berfungsi sebagai penghalang / pengeblok keluar/masuknya cairan/gas, baik itu fluida proses maupun pelumas.

Berdasarkan geometri dari produk/komponen mesin yang variatif dan kompleks, maka proses Permesinan yang diterapkan beranekaragam dan dapat direncanakan langkah pengerjaan dengan urutan yang paling baik. Termasuk di dalamnya penentuan jenis pahat yang digunakan sesuai dengan urutan/langkah pengerjaan [5,6]. Penentuan kondisi pemotongan (*cutting speed, feeding speed, depth of cut*) juga perlu ditentukan sedemikian rupa guna mendapatkan komponen yang diminta [7]. Penentuan parameter dan proses Permesinan ini mengacu pada penggunaan waktu yang efisien dalam menghasilkan produk dan kualitas permukaan hasil Permesinan sesuai dengan desain yang dibuat [8]. Oleh karena itu, perlu adanya suatu

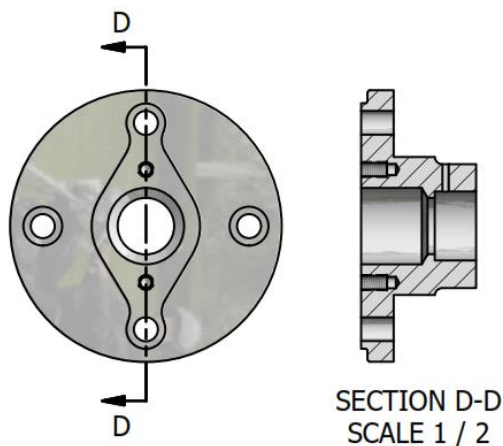
rancangan konseptual guna memenuhi fungsi yang dimaksud, dimana agar tercapai minimal waktu Permesinan dan tingkat

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang akan digunakan di dalam perencanaan ini adalah *true experimental design* (percobaan desain secara nyata). Variabel bebas pada perencanaan ini adalah kedalaman pemotongan (*depth of cut*), gerak makan. Sedangkan variabel terikat adalah kekasaran permukaan. Dan variabel terkontrol pada pengerjaan adalah kecepatan potong sebesar 25 m/min.

Desain Bracket

Dimensi beserta tingkat kekasaran permukaan dari benda kerja yang ingin dicapai terlihat seperti lampiran [9]. Untuk gambar potongan sebagai berikut:



Gambar 1. Potongan benda kerja

Pahat yang digunakan

Bahan : pahat *High Speed Steel*
 Tipe : *Flat End Mill* (Ø10 mm, Ø16 mm), *Ball End Mill* (Ø6 mm, Ø7 mm), *Center Drill* (Ø5 mm), *Drill* (Ø5 mm, Ø19 mm, Ø25 mm)
 Jumlah pisau : 4 (*Flat End Mill*), 2 (*Center Drill, Drill, Ball End Mill*)

Tingkat kekasaran disesuaikan dengan Tabel 1 [10]:

Tabel 1. Nilai Kekasaran dan Toleransinya

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (µm)	Harga Ra (µm)	Toleransi $N_{0.025}^{+20\%}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0.0025	0.02 – 0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04 – 0.08	
N3	4	0.0	0.08 – 0.15	0.25
N4	8	0.2	0.15 – 0.3	
N5	16	0.4	0.3 – 0.6	
N6	32	0.8	0.6 – 1.2	
N7	63	1.6	1.2 – 2.4	
N8	125	3.2	2.4 – 4.8	0.8
N9	250	6.3	4.8 – 9.6	
N10	500	12.5	9.6 – 18.75	2.5
N11	1000	25.0	18.75 – 37.5	
N12	2000	50.0	37.5 – 75.0	8

Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan untuk percobaan Permesinan ini adalah aluminium 6063 dengan karakteristik material sebagai berikut:

Tabel 2. Data Material Al-6063

Si (%)	0.588
Fe (%)	0.3127
Cu (%)	0,1620
Mn (%)	0.0289
Mg (%)	0.747
Cr (%)	0.0765
Zn (%)	0.0396
Ni (%)	0.0055
Pb (%)	0.0031
Al (%)	61

Cairan pendingin yang digunakan adalah *water soluble oil* yang tergolong dalam cairan emulsi. Merupakan campuran antara pengemulsi dan air. Penyemprotan dengan cara dikururkan melalui tiga saluran yang langsung mengenai bidang aktif pemotong

Pelaksanaan Permesinan

Program Permesinan yang digunakan dalam pelaksanaan didapatkan dari hasil program aplikasi simulasi MASTER CAM X5. Secara garis besar adalah pengasaran permukaan lingkaran besar, kemudian dilakukan pembentukan profil sesuai desain. Selanjutnya melubangi bagian tengah dan kemudian mengerjakan lingkaran berdiameter kecil dengan bentuk sesuai desain, untuk selanjutnya melubangi di sisi yang lain. Dan pelebaran lubang ditengah menggunakan mesin bubut hingga di dapat dimensi sesuai gambar. Pada perencanaan ini mesin CNC yang digunakan adalah CNC *Milling Machine* EMCVMC200 dengan *Spindle Range* antara

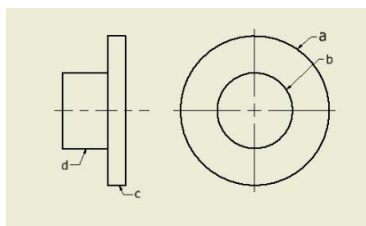
150 – 4500 rpm dan feed motor 1.2 Kw. Percobaan Permesinan *milling* dilakukan di Bengkel CNC Departemen Mesin dan CNC PPPPTK – VEDC Malang serta uji kekasaran di Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan alat *Surface Roughness Tester* SJ 301.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi awal benda kerja setelah dilakukan pengecoran dan pemotongan saluran penuangan [11-13]:



Gambar 2. Benda kerja hasil cor



Gambar 3. Dimensi awal

Setelah dilakukan permesinan awal, didapatkan geometri sebagai berikut:

Tabel 3. Dimensi Benda Kerja

Bagian	Dimensi (mm)	Bagian	Dimensi (mm)
a	126.35	c	16.25
b	64.59	d	39.23

Geometri pahat freis dan gurdi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Geometri Pahat

<i>Milling</i>	Sudut helix (ϕ)	= 38°
	Sudut utama (Kr)	= 90°
	Sudut bantu (Kr')	= 5°
Gurdi	Sudut puntir (γ_f)	= 23°
	Sudut ujung ($2Kr$)	= 118°
	Sudut bebas s (α_f)	= 20°

Penentuan kondisi pemotongan adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Kondisi Pemotongan

	a (mm)	f_z mm/gigi	v (m/min)
<i>milling</i>	Pengasaran		
	0.75	0.2	25
	Penghalusan		
	N5 =0.25	N5 =0.007	25
	N6 =0.5	N6 =0.004	
<i>drilling</i>	2.5	0.06	17.97

Berikut mesin CNC *Milling Machine* EMCOVMC200 yang digunakan dan pemasangan benda kerja:



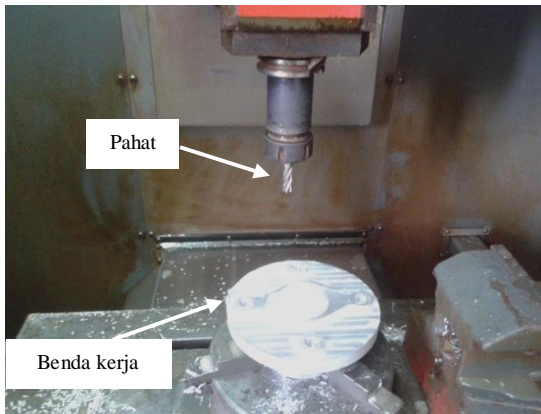
Gambar 4. CNC Milling

Secara garis besar, perencanaan proses Permesinan bracket ini terdapat beberapa poin, diantaranya:

1. Dalam proses Permesinan *bracket* ini digunakan kecepatan pemotongan yang konstan. karena dengan kondisi ini akan dihasilkan nilai waktu pemotongan dan Permesinan yang lebih singkat jika dibandingkan dengan nilai putaran poros utama atau putaran *spindle* yang dijaga konstan. Dengan kecepatan konstan, untuk setiap penurunan diameter pahat potong, maka putaran poros akan lebih besar.
2. Nilai kondisi pemotongan proses milling didasarkan pada:
 - Proses Pengasaran
Pemilihan kedalaman pemotongan maksimum guna mempercepat penghasil geram. Gerak makan dipilih berdasarkan bahan dan pahat yang digunakan. Sedangkan pemilihan nilai

kecepatan potong baik pada proses pengasaran maupun penghalusan mengacu pada karakteristik pemotongan pada pahat yang dipakai.

- Proses penghalusan
Kondisi pemotongan untuk proses penghalusan, gerak makan disesuaikan dengan nilai kekasaran permukaan yang ingin didapatkan. Sedangkan kedalaman potong direncanakan sedemikian dengan penurunan interval sebesar 0.25 mm dari nilai kedalaman potong maksimum.



Gambar 5. CNC Milling

Secara garis besar, perencanaan proses Permesinan bracket ini terdapat beberapa poin, diantaranya:

3. Dalam proses Permesinan *bracket* ini digunakan kecepatan pemotongan yang konstan. karena dengan kondisi ini akan dihasilkan nilai waktu pemotongan dan Permesinan yang lebih singkat jika dibandingkan dengan nilai putaran poros utama atau putaran *spindle* yang dijaga konstan. Dengan kecepatan konstan, untuk setiap penurunan diameter pahat potong, maka putaran poros akan lebih besar.
4. Nilai kondisi pemotongan proses milling didasarkan pada:
 - Proses pengasaran
Pemilihan kedalaman pemotongan maksimum guna mempercepat

penghasil geram [14]. Gerak makan dipilih berdasarkan bahan dan pahat yang digunakan. Sedangkan pemilihan nilai kecepatan potong baik pada proses pengasaran maupun penghalusan mengacu pada karakteristik pemotongan pada pahat yang dipakai [15].

- Proses penghalusan
Kondisi pemotongan untuk proses penghalusan, gerak makan disesuaikan dengan nilai kekasaran permukaan yang ingin didapatkan. Sedangkan kedalaman potong direncanakan sedemikian dengan penurunan interval sebesar 0.25 mm dari nilai kedalaman potong maksimum.

Hasil proses Permesinan benda kerja adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil Permesinan

Nilai kekasaran aktual yang dihasilkan dari proses Permesinan yang direncanakan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai kekasaran permukaan

No	Tingkat kekasaran, ISO Number	Ra ideal (µm)	Ra aktual (sebelum finishing) (µm)	Ra aktual (sesudah finishing) (µm)
1.	N5	0.4	-	0.410
2.	N6	0.8	2.354	0.832
3.	N6	0.8	3.122	0.625

Secara keseluruhan urutan proses pengerjaan benda dari dimensi awal yang didapatkan dari penggerindaan coran hingga benda jadi disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Urutan Proses Permesinan

No.	Kegiatan	do (mm)	dm (mm)	a (mm)	fz (mm.rev ⁻¹)	v (m.min ⁻¹)	Pahat Potong
Pasang dan atur benda kerja pada cekam							
Pasang dan atur pahat pada <i>tool post</i>							
1	<i>Facing</i> sisi terluar lingkaran Ø125 mm dengan panjang 15 mm	126.35	125	0.5	0.007	25	T219
2	<i>Roughing</i> permukaan atas lingkaran Ø125 mm	16.25	-	0.75	0.2	25	T219
3	<i>Finishing</i> permukaan atas lingkaran Ø125 mm	16.25	15	0.5	0.007	25	T219
4	Buat 4 Lubang Ø11 mm dengan kedalaman 16 mm	-	11	0.5	0.007	25	T219
5	<i>Center drill</i> Ø5mm	-	5	0.75	0.2	25	T1
6	<i>Drill</i> Ø5mm dengan panjang pemotongan 16 mm	5	10	2.5	0.06	17.97	T60
7	<i>Center drill</i> Ø5mm	-	5	2.5	0.4	25	T1
8	<i>Drill</i> Ø19mm dengan panjang 53 mm	5	19	8.5	0.4	25	T200
9	<i>Drill</i> Ø25mm dengan panjang 53 mm	19	25	12.5	0.4	25	T260
Lepas dan atur ulang benda kerja dengan posisi permukaan Ø125mm berada di bawah							
10	<i>Finishing</i> sisi terluar lingkaran Ø63.45mm dengan panjang 38 mm	64.59	63.45	0.5	0.007	25	T225
11	<i>Finishing</i> sisi terluar lingkaran Ø63.45mm dengan panjang 16 mm	63.45	57	0.5	0.007	25	T225
12	Buat <i>fillet</i> Ø7mm	-	7	0.5	0.007	25	T241
Lepas benda kerja dan atur pada cekam							
Proses nomor 14 – 18 menggunakan mesin bubut, hal ini dikarenakan pahat yang dibutuhkan tidak tersedia dalam perlengkapan mesin CNC							
13	<i>Finishing</i> Ø35 mm dengan panjang 28mm	25	34.5	0.5	-	25	HSS

14	Finishing Ø35 mm dengan panjang 28mm	34.5	35	0.02		25	HSS
15	Finishing kemiringan 30° dengan panjang 2.64 mm	25	-	0.05	-	25	HSS
16	Finishing kemiringan 30° dengan panjang 2.64 mm	25	-	0.02	-	25	HSS
17	Finishing Ø26mm dengan panjang 20mm	25	26	0.5	-	25	HSS
18	Finishing Ø26mm dengan panjang 20mm	25	26	0.02	-	25	HSS
19	Buat fillet r = 1 mm pada lingkaran luar Ø125mm	-	-	0.5	-	25	HSS
Lepas benda kerja dan atur ulang posisi pada cekam							
20	Buat lubang Ø31.80mm dengan panjang pemotongan 18.98 mm	25	31.50	0.5	-	25	T225
21	finishing Ø31.80mm dengan panjang pemotongan 19mm	31.50	31.80	0.02	-	25	HSS
Lepas benda kerja kemudian pasang dan atur pada alat <i>drilling</i> konvensional							
22	Buat lubang Ø3mm pada sisi luar lingkaran Ø63.45mm dengan kedalaman 23.5mm	-	3	3	-	25	Drill Ø3mm
23	Buat ulir M6.3 dengan kedalaman 12 mm	5	6.3	12	-	25	Ulir Ø6.3mm
Lepas benda kerja dan ukur geometri berserta kualitas permukaan							

Berdasarkan Tabel 6, nilai kekasaran aktual untuk tingkatan N5 lebih tinggi dibandingkan nilai idealnya, hal ini dikarenakan.

- Pada saat proses penghalusan dengan bubut, putaran spindle yang tinggi mengakibatkan geram ikut berputar di dalam dinding benda kerja, sehingga mempengaruhi kualitas permukaan.
- Dengan kedalaman potong yang besar atau gerak makan yang tinggi,

mengakibatkan pojok pahat menerima beban kejut saat proses permulaan pemotongan.

- Menempelnya serpihan potongan benda kerja yang pada ujung pahat yang digunakan, sehingga tidak terjadi gesekan relatif antara pahat dengan benda kerja.

Sedangkan untuk tingkat kekasaran N6, nilai ra aktual lebih halus. Hal ini dapat disebabkan

- Karena sistem yang berada pada level sedang ($L/D \ 4 \geq x \leq 10$) dengan rasio panjang terhadap diameter (L/D) untuk pahat utama yang digunakan ($\varnothing 10$ mm dan $\varnothing 16$ mm) sebesar 7.5 dan 4.6875. Sehingga adanya lenturan atau defleksi pada pahat atau benda kerja relatif lebih kecil
- Pertumbuhan BUE (*built up edge*) yang lambat karena dalam proses Permesinan menggunakan cairan pendingin.

KESIMPULAN

1. Tahapan proses pemesinan untuk komponen *bracket* adalah melalui pengecoran benda kerja terlebih dahulu, kemudian dilakukan penggerindaan sehingga dimensi mendekati dimensi sesuai desain. Selanjutnya proses penghalusan sisi terluar lingkaran $d = 125$ mm, setelah itu pengasaran dan penghalusan permukaan sehingga membentuk profil sesuai gambar. Dilanjutkan dengan membuat lubang di tengah dengan diameter akhir 25 mm sepanjang 53 mm. Setelah selesai benda kerja dibalik, pengerjaan penghalusan sisi terluar lingkaran $d = 63.45$ mm sesuai gambar, dilanjutkan membentuk lingkaran dengan diameter yang lebih kecil serta membuat *fillet* di sisi terluarnya. Dengan mesin bubut, dilakukan pelebaran lubang di tengah sesuai dengan ukuran dan membuat *fillet* pada sisi lingkaran $d = 125$ mm dan terakhir melubangi sisi lingkaran $d = 63.45$ mm.
2. Kekasaran permukaan aktual yang diperoleh setelah proses pengukuran adalah untuk tingkat kekasaran N5, $Ra_{\text{aktual}} = 0.410 \ \mu\text{m}$; N6 $Ra_{\text{aktual}} = 0.832 \ \mu\text{m}$ dan $0.625 \ \mu\text{m}$.
3. Total waktu Permesinan untuk satu komponen *bracket* adalah 1 jam 57 menit 25 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kalpakjian S., S. S. (2010). *Manufacturing Processes for Engineering Materials: 6th ed.* New Jersey: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- [2] Rochim, T. (1993). *Teori dan Teknologi Proses Permesinan.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [3] Boothroyd, G. (1988). *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools.* London: CRC Press.
- [4] Sujianto. (1998). *Perencanaan Proses Permesinan Gear Blank forging Dies dengan Menggunakan CNC Turning.* Malang: Jurusan Teknik Mesin FT-UB.
- [5] Sriyanto, J. (2012). *Analisis Pengaruh Cairan Pendingin Semisintetik dan Soluble Oil terhadap Keausan Pahat High Speed Steel (HSS) pada Proses End Milling,* Hal. 9-14.
- [6] Zuhendri, G. k. (Juni 2007). *Pengaruh Tipe Pahat dan Arah Pemakanan Permukaan Berkontur pada Pemesinan Milling Awal dan Akhir terhadap Kekasaran Permukaan,* Vol. 4 No.1 Hal. 16-18.
- [7] Rochim, T. (2001). *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [8] Hricova, J. (2014). *Design of End Mill Geometry for Aluminium Alloy Machining,* XIX, 2014 (2) 97-105.
- [9] Thomas E. French, C. J. (1993). *Engineering Drawing and Graphic Technology: International Editions.* New York: McGraw-Hill.
- [10] Munadi, S. (1980). *Dasar-dasar Metrologi Industri.* Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kerja Kependidikan.
- [11] G. Takeshi Sato, N. H. (2003). *Menggambar Mesin menurut Standar ISO.* Jakarta: Pradnya Paramita.
- [12] Surdia, T. K. (1984). *Teknik Pengecoran Logam.* Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [13] *Modul dan Laporan Praktikum Pengecoran Logam.* (2016). Laboratorium Pengecoran Logam Teknik Mesin FT-UB.
- [14] A.Schey, J. (1996). *Proses Manufaktur: Introduction to Manufacturing Processes.* New York: Andi Publishing.
- [15] Groover, M. P. (2013). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Material, Processes, and Systems (Fifth Edition).* United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

