



ANALISIS PUTARAN SPINDEL TERHADAP WAKTU DAN BIAYA PRODUKSI PROSES RESERVOIR COVER ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN CNC TU-3A

Syafril Yulistian Pratama^a, M. Fauzi Sulton^{a*}, Eli Novita Sari^b, Siti Duratun Nasiquati Rosady^c, Syamsul Arifin^a

^a Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Billfath

^b Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

^c Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

E-mail koresponden: sultonfauzi@gmail.com

Abstract

The increasing competition between manufacturers of manufactured products and the need for quality of products produced, with high production speeds, high production cost efficiency becomes a prerequisite. The reservoir cover product is part of the brake master cylinder component, which functions as a cover for the brake fluid reserve tank so that it does not spill when hit by shocks. This research uses an experimental method by varying the spindle rotation then observing, recording and calculating the research data. The aim of this research is to determine the effect of variations in spindle rotation of 1100, 1150 and 1200 rpm on the time and cost of producing reservoir covers with 6061 aluminum material using the Tu-3a CNC machine. From the results of time and cost calculations carried out in the reservoir cover production process, the production time was 64.12 min/product and the production cost was IDR. 204,000,-/product.

Keywords: Reservoir cover, production time, production costs

Abstrak

Semakin tingginya kompetisi antara produsen produk-produk manufaktur dan kebutuhan akan kualitas produk yang dihasilkan, dengan kecepatan produksi yang tinggi, efisiensi biaya produksi yang tinggi menjadi suatu prasyarat. Produk reservoir cover merupakan sebuah bagian dari komponen master silinder rem, yang berfungsi menjadi penutup tangki cadangan minyak rem agar tidak tumpah saat terkena guncangan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan putaran spindel kemudian diamati, dicatat, dan menghitung data-data hasil penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi putaran spindel 1100, 1150, dan 1200 rpm, terhadap waktu dan biaya produksi reservoir cover dengan material aluminium 6061 menggunakan mesin CNC tu-3a. Dari hasil perhitungan waktu dan biaya yang dilakukan pada proses produksi reservoir cover, didapat waktu produksi sebesar 64.12 min/produk dan biaya produksi sebesar Rp. 204.000,-/produk.

Kata Kunci: Terdiri Reservoir cover, Waktu produksi, Biaya produksi

1. PENDAHULUAN

Kemampuan industri untuk membuat produk manufaktur secara efisien adalah kunci keberhasilan negara industri maju dalam membangun kekuatan ekonominya. Kebutuhan akan produk berkualitas tinggi yang dihasilkan dengan kecepatan produksi yang tinggi dan efisiensi biaya produksi yang tinggi semakin meningkat sebagai akibat dari kemajuan teknologi manufaktur [1]. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem yang mendukung proses pemesinan yang dapat diandalkan diperlukan untuk memenuhi syarat untuk proses pembuatan produk.

Proses pemesinan milling banyak digunakan untuk membuat komponen dengan profil dan trajectory yang kompleks. Waktu yang dibutuhkan untuk membuat komponen harus sesingkat mungkin agar dapat mencapai kapasitas produksi yang tinggi, jadi mungkin perlu mengatur parameter kondisi mesin setinggi mungkin untuk menghasilkan laju pemakanan material yang tinggi [2]. Perlu juga membutuhkan jenis mesin yang mendukung kecepatan produksi.

Salah satu pendukung tersebut adalah mesin yang dikontrol secara numerik komputer (CNC), yang merupakan evolusi dari perkakas pemesinan konvensional yang dikombinasikan dengan media kontrol komputer berupa program, yang memungkinkan pengerjaan dilakukan dengan cepat dan akurat. Biaya produksi, yang terdiri dari biaya material, proses produksi, dan biaya tak langsung lainnya yang terjadi selama proses produksi, akan turun sebagai hasilnya. Waktu pengerjaan proses pemesinan akan dipercepat, sehingga biaya produksi turun. Pada industri manufaktur, perhitungan biaya produksi ini digunakan untuk

menentukan biaya sebenarnya untuk membuat suatu produk komponen mesin. Jika Anda tahu harga jual produk atau harga penawaran kontrak pembuatan produk, Anda dapat merencanakan keuntungan yang akan diperoleh [3]. Akan tetapi perlu juga memperhatikan beberapa hal terkait optimasi proses pemesinan agar ongkos produksi seminimal mungkin.

Perencanaan langkah-langkah pengerjaan dengan urutan terbaik dan menentukan jenis pahat, bentuk, dimensi, dan jenis material pahat adalah bagian dari optimalisasi proses pemesinan. Proses perautan juga berkaitan dengan faktor biaya atau biaya dan kecepatan produksi. Waktu pemotongan dapat dikurangi dengan meningkatkan gerak pemakanan dan putaran spindel, tetapi masih harus diperhatikan karena semakin banyak parameter yang dipilih akan mengakibatkan umur pahat lebih pendek dan lebih keras [4]. Produk-produk yang dihasilkan haruslah sesuai dengan kebutuhan yang ada dimasyarakat.

Perencanaan langkah-langkah pengerjaan dengan urutan terbaik dan menentukan jenis pahat, bentuk, dimensi, dan jenis material pahat adalah bagian dari optimalisasi proses pemesinan. Proses perautan juga berkaitan dengan faktor biaya atau biaya dan kecepatan produksi. Waktu pemotongan dapat dikurangi dengan meningkatkan gerak pemakanan dan putaran spindel, tetapi masih harus diperhatikan karena semakin banyak parameter yang dipilih akan mengakibatkan umur pahat lebih pendek dan lebih keras [5]. Salah satu komponen yang terdapat pada sistem pengerjain rem cakram yaitu master silinder rem dan ada bagian komponen reservoir cover yang berfungsi menjadi penutup tangki cadangan minyak master silinder rem.

Reservoir cover sendiri terdapat pada master silinder dan tempatnya pada bagian yang paling atas, sehingga bagus sebagai objek penglihatan orang yang melihatnya dan menjadi daya Tarik tersendiri. Tidak mengherankan bagi para modifikator untuk mengubah sepeda motor mereka dari versi pabrik karena mereka ingin membuatnya lebih baik, menarik, dan pasti berbeda dari yang lain. Karena sifat mekanisnya yang kuat, aluminium digunakan sebagian besar dalam pembuatan suku cadang kendaraan bermotor [6]. Beberapa keunggulan yang dimiliki aluminium yakni mempunyai sifat yang ringan, mudah dibentuk, dan juga biaya produksinya lebih murah dibandingkan dengan logam-logam yang lain [7].

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu produksi total yang paling optimal dan biaya produksi reservoir cover menggunakan mesin CNC milling. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan berapa besar biaya produksi reservoir cover tersebut. Banyak pihak akan menguntungkan dengan mengetahui biaya produksinya. Produsen dapat mengetahui laba dan estimasi biaya produksi massal, dan konsumen dapat mengetahui estimasi biaya pembuatan untuk mempertimbangkan faktor lain.

2. TINJAUAN PUSTAKA

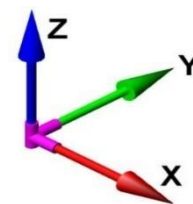
2.1 Mesin Computer Numerical Control (CNC)

Mesin CNC adalah mesin yang dikontrol oleh komputer menggunakan bahasa numerik [8]. Secara umum, struktur dan sistem kerja mesin CNC terdiri dari sinkronisasi mekanik dan komputer, sehingga setiap gerakan berjalan secara otomatis sesuai dengan instruksi program yang diberikan. Prinsipnya hampir sama dengan mesin konvensional, tetapi mesin CNC dikontrol oleh komputer sehingga gerakannya berjalan sesuai dengan instruksi program. Ini membedakannya dari mesin konvensional yang sama dan sejenis.

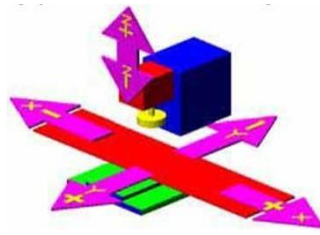
Dari segi ketelitian, ketepatan, fleksibilitas, dan kapasitas produksi, mesin CNC unggul. Jadi, di era modern seperti saat ini, banyak industri mulai menggunakan mesin CNC daripada mesin konvensional. Mesin CNC terbagi menjadi dua kategori : CNC 2 Axis atau yang lebih dikenal dengan mesin bubut dan mesin CNC 3 Axis atau yang lebih dikenal dengan mesin milling.

2.2 Mesin CNC Milling

Mesin CNC milling bekerja dengan pisau atau pahat bergerak melintang dan horizontal [8]. Komputer mengontrol pergerakan mesin CNC milling dan program mengatur pergerakannya. Proses pemakanan dilakukan satu kali atau dua kali dengan satu atau lebih mata pahat dengan benda yang dijepit pada ragum, kemudian dimakan dengan pahat yang berputar. Gambar 2.1 menunjukkan bahwa mesin CNC milling menggunakan sistem persumbuan yang didasarkan pada sistem koordinat Cartesius. **Gambar 2.2** menunjukkan arah gerak persumbuan mesin CNC milling:



Gambar 2.1 Sistem Koordinat Mesin Milling [8]



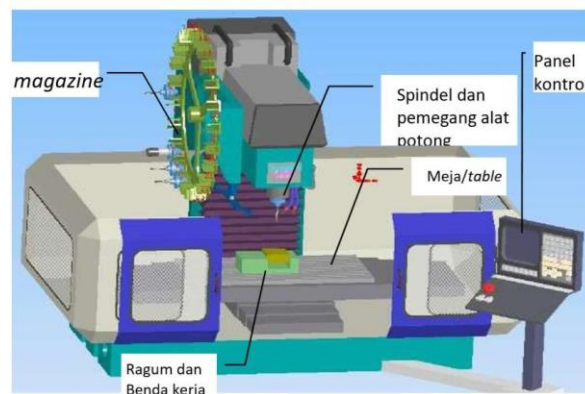
Gambar 2.2 Skema Pergerakan Koordinat Mesin CNC Milling [8]

- a. Sumbu X menunjukkan arah horizontal;
- b. Sumbu Y menunjukkan arah melintang; dan
- c. Sumbu Z menunjukkan arah vertikal.

Mesin milling CNC memiliki komponen penting yang hampir sama dengan mesin milling konvensional [3]. Bagian-bagian utama mesin milling adalah sebagai berikut:

- a. Meja milling, di mana benda kerja diletakkan;
- b. Spindel, sumbu utama mesin milling, di mana pemegang alat potong ditempatkan;
- c. Panel kontrol, di mana gerakan alat potong, gerakan meja, dan pengaturan arah dan jumlah putaran spindel diatur; dan
- d. Magazine, di mana alat potong disimpan, jika digunakan lebih dari satu alat potong
- e. *Hand wheel* adalah roda tangan yang digunakan untuk menggerakkan alat potong dalam mode manual. Tidak semua mesin milling memiliki roda tangan.

Adapun untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.3** dan **Gambar 2.4**.



Gambar 2.3 Mesin Milling Dengan Menggunakan Magazine [3]



Gambar 2.4 Mesin Milling Tanpa Menggunakan Magazine [3]

Pahat mesin milling adalah alat potong dengan jumlah sisi yang memiliki mata sayat ganda atau lebih dari satu. Pahat ini biasanya diproses dengan menggunakan jenis pahat HSS dan Karbida [9]. Tabel 2.1 menunjukkan perbedaan antara pahat jenis HSS dan Karbida.

Tabel 2.1 Perbedaan Pahat dengan Jenis HSS dan Karbida [9]

No	Perbedaan	HSS	Karbida
1	Kontruksi	Batangan	Sisispan
2	Ketahanan terhadap suhu tinggi	Tidak baik	Baik
3	Jenis pendingin	Cairan	Udara
4	Sifat material	Ulet, cepat aus	Getas, tidak mudah aus
5	Kecepatan potong	$V_c = 10-20 \text{ m/min}$	$V_c = 80-120 \text{ m/min}$
6	Harga	Murah	Mahal
7	Konversi energy	Sulit melepaskan panas	Mudah melepaskan panas

Banyak jenis pahat yang digunakan dalam proses milling. Beberapa jenis pahat dapat digunakan untuk berbagai jenis proses, sedangkan yang lain hanya dapat digunakan untuk satu jenis proses [10]. Jenis-jenis mata pahat yang paling umum digunakan untuk memotong benda kerja adalah sebagai berikut:

- Mata pahat rata,
- Mata pahat samping,
- Mata pahat muka,
- Mata pahat alur T,
- Pisau belah, dan
- Mata pahat ujung.

2.3 Optimasi Proses Pemesinan

Optimasi kondisi pemesinan melibatkan perencanaan langkah pengerjaan dengan urutan terbaik dan menentukan jenis pahat, bentuk, dimensi, dan jenis material pahat. Selain itu, kondisi pemotongan harus ditentukan agar menghasilkan kecepatan pembentukan geram setinggi mungkin dengan mempertimbangkan faktor kendala pemotongan seperti pahat, benda kerja, dan mesin [4]. Salah satu tujuan proses pemesinan sendiri adalah untuk mencapai ongkos produksi paling rendah (ekonomik), kecepatan produksi paling tinggi (produktif), dan kecepatan penghasilan keuntungan paling tinggi (menguntungkan). Dengan memperbesar gerak pemakanan dan putaran spindel, waktu pemotongan dapat dikurangi, tetapi masih harus diperhatikan karena semakin besar parameternya. Rumus menghitung parameter pemesinan yaitu:

- Menghitung kecepatan potong

$$C_s = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}; \text{ m/min} \dots\dots\dots (1)$$

- Menghitung putaran spindel

$$N = \frac{1000 \times C_s}{\pi \cdot D}; \text{ putaran/min} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

C_s = Kecepatan Potong (m/min)

D = Diameter Pahat (mm)

N = Putaran Spindel (putaran/min)

Membutuhkan waktu untuk menyelesaikan tugas untuk menghasilkan produk dengan memperhatikan waktu produksi masing-masing komponen untuk menentukan kondisi pemesinan optimal. Untuk mengetahui komponen waktu mana yang dapat diperkecil, disarankan untuk membagi waktu menurut komponennya. Secara garis besar, dapat dikategorikan menjadi dua bagian waktu, yaitu :

- Komponen waktu yang dipengaruhi oleh variable proses

$$T_c = \frac{\Delta L}{C_s}; \text{ min/produk} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

T_c = Waktu Pemotongan (min/produk)
 ΔL = Panjang Pemesinan (mm)
 C_s = Kecepatan Potong (m/min)

b. Komponen waktu yang bebas (non produktif)

$$t_a = t_{LW} + t_{A'} + t_{A''} + t_{UW} + \frac{t_s}{n_t} ; \text{min/produk} \dots \dots \dots (4)$$

c. Waktu pemesinan perproduk

$$t_m = t_a + t_c + t_d + \frac{t_c}{T} : \text{min/produk} \dots \dots \dots (5)$$

Suatu bisnis harus mengetahui biaya sebenarnya yang diperlukan untuk membuat suatu produk. Dengan mengetahui harga jual produk atau harga penawaran kontrak pembuatan untuk pembuatan sejumlah produk, perusahaan dapat memperkirakan keuntungan yang akan diperoleh. Jika perusahaan memperhitungkan ongkos pembuatan dengan lebih teliti, keuntungan yang akan diperoleh akan lebih jelas, dan perusahaan akan lebih terbuka untuk menawarkan harga yang serendah mungkin. Oleh karena itu, biaya material, atau bahan dasar, dan biaya produksi, yang mungkin terdiri dari biaya berbagai proses perautan dan pemesinan, menentukan biaya pembuatan produk:

$$C_u = C_M + C_{plan} + \sum C_p ; \text{Rp/produk} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

C_u = Ongkos Total
 C_M = Ongkos Material
 C_{plan} = Ongkos Persiapan/Perencanaan produksi
 C_p = Ongkos Salah Satu Proses Produksi

1. Dimana rumus ongkos material (C_M) adalah

$$C_M = C_{MO} + C_{MI} ; \text{Rp/produk} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

C_M = Ongkos material
 C_{MO} = Harga pembelian
 C_{MI} = Ongkos tak langsung

2. Dimana rumus ongkos produksi (C_P) adalah

$$C_P = C_r + C_m + C_e ; \text{Rp/produk} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

C_P = Ongkos produksi
 C_r = Ongkos penyiapan dan peralatan
 C_m = Ongkos pemesinan
 C_e = Ongkos pahat

3. Dimana rumus ongkos penyiapan dan peralatan khusus (C_r) adalah

$$C_r = (C_{set} + C_{fix} + C_{pr}) / n_t ; \text{Rp/produk} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

- C_r = Ongkos penyiapan dan peralatan khusus
- C_{set} = Ongkos pengaturan/setting mesin ; $Rp = c_m \cdot t_{set}$
- C_{fix} = Ongkos perkakas bantu cekam (fixture) ; Rp
- C_{pr} = Ongkos penyiapan program NC (hanyaberlaku bagi mesin perkakas NC) ; Rp
- n_t = Jumlah produk yang dibuat ; Buah

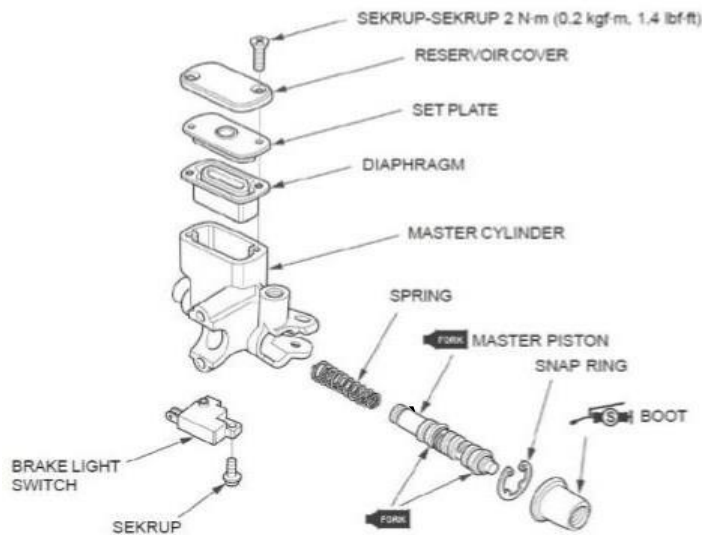
4. Dimana rumus ongkos pemesinan (C_m) adalah

$$C_m = c_m \cdot t_m ; \text{Rp/produk} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana:

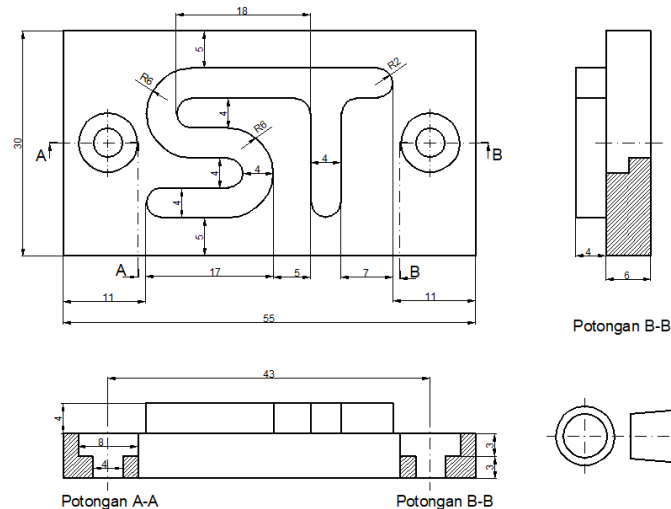
- C_m = Ongkos pemesinan
- c_m = Ongkos operasi mesin (mesin, operator, overhead) persatuan waktu
- t_m = Waktu pemesinan

2.4 Reservoir Cover



Gambar 2.5 Komponen Master Silinder [11]

Komponen pengereman sangat penting untuk sepeda motor, dan sistem rem cakram adalah pengembangan dari sistem rem tromol. Sistem rem cakram sangat mudah digunakan karena strukturnya yang sederhana dan berfungsi sebagai penutup tangka cadangan (reservoir) minyak rem agar minyak rem tidak tumpah. Rem menghentikan atau mengurangi laju kendaraan. Karena mesin penggeraknya berkembang, kendaraan dapat bergerak dengan sangat cepat, sehingga membutuhkan rem yang lebih baik [11]. Sistem pengereman yang umum digunakan pada sepeda motor modern adalah rem cakram dan rem tromol [11]. *Cover reservoir* dapat menjadi lebih jelas dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.6 Benda Kerja *Reservoir Cover*

2.5 Aluminium

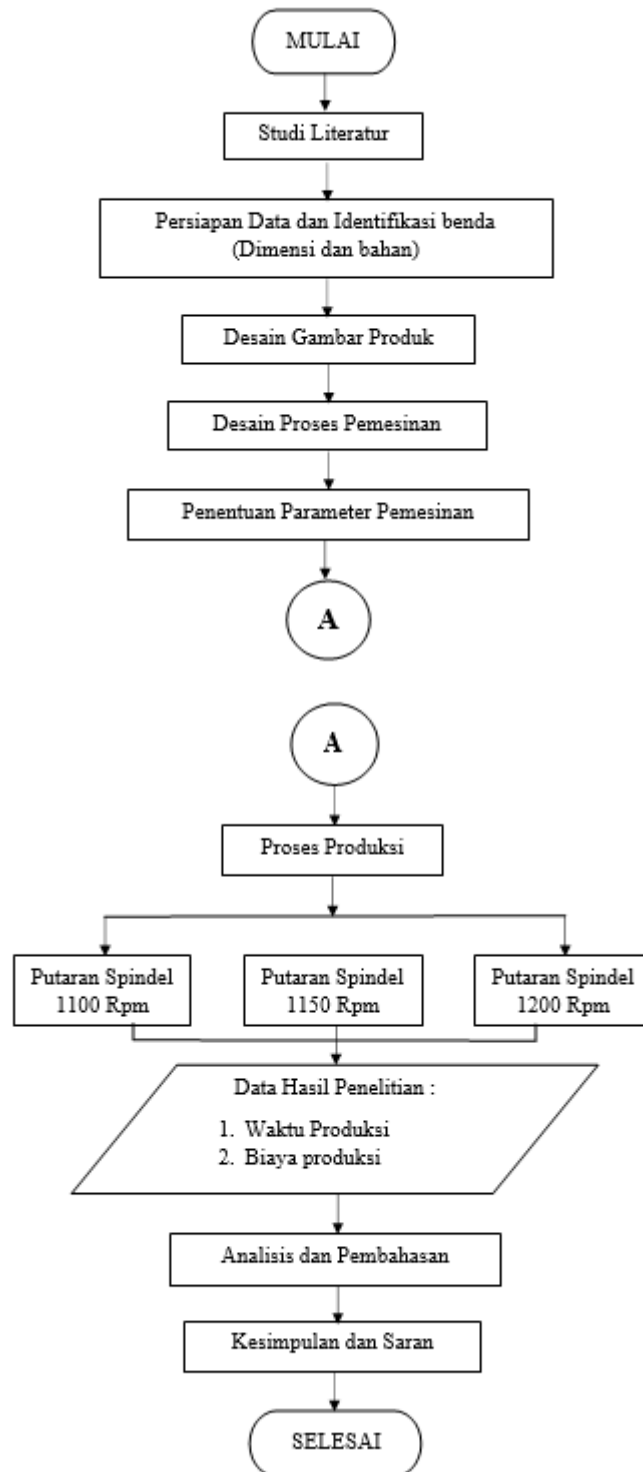
Sir Humphrey Davy menemukan aluminium sebagai unsur pada tahun 1809, dan H. C. Oersted pertama kali mereduksi aluminium menjadi logam pada tahun 1825. Paul Heroult di Perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat masing-masing memperoleh logam aluminium dari alumina pada tahun 1886 melalui elektrolisis garam yang terfusi. Proses produksi aluminium Heroult Hall masih digunakan hingga saat ini. Di antara logam non-ferro, aluminium digunakan secara tahunan paling banyak setelah besi dan baja [12]. Menurut [7], aluminium memiliki sifat yang ringan, mudah dibentuk, dan membuatnya lebih murah daripada jenis logam lainnya.

Logam ringan aluminium memiliki peran penting dalam kehidupan manusia, material ini dipergunakan didalam bidang yang luas bukan hanya untuk peralatan rumah tangga tetapi juga dipakai untuk keperluan materialpesawat terbang, mobil, kapal laut, dan konstruksi. Aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan bila dipadukan dengan logam lain seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya bisa mendapatkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain : ringan,tahan korosi, penghantar panas dan penghantar listrik yang baik. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas 2,7 g/cm.

2.6 Aluminium 6061

Aluminium 6061 terdiri dari paduan magnesium (Mg) dan silika (Si), yang memiliki sifat tahan panas yang baik [13]. Alumina 6061 memiliki sifat mampu bentuk, mampu las, mampu mesin, dan relatif kuat dalam hal ketahanan korosi. Karena memiliki banyak keunggulan, aluminium 6061 banyak digunakan pada industri maju. Ini termasuk kemampuan permesinan yang baik, penyelesaian permukaan yang sempurna, kekuatan yang tinggi dan ringan, dan tahan korosi.

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Waktu Total Produksi

Komponen-komponen yang mempengaruhi perhitungan waktu total produksi diantaranya:

1. Waktu produktif (t_c)

Waktu produktif dapat dilihat pada **tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Waktu produktif

Putaran Spindel (rpm)	Waktu (min/produk)
1100	59.59
1150	59.59
1200	59.59

2. Waktu non produktif (t_a)

Waktu non produktif dapat dilihat pada **tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Waktu bebas (non produktif)

Jenis Waktu	Waktu (min/produk)
t_{LW}	0.35
t_{AT}	2.4
t_{RT}	0.4
t_{UW}	0.14
t_s	1,16
n_t	1

Tabel 4.3 Rekapitulasi kebutuhan waktu

	1100 Rpm	1150 Rpm	1200 Rpm
Waktu <i>produktif</i> (min/produk)	59.59	59.59	59.59
Waktu <i>non produktif</i> (min/produk)	4.13	4.13	4.13
Waktu total (min/produk)	64.12	64.12	64.12

4.2 Perhitungan Biaya Total Produksi (C_u)

Komponen-komponen yang mempengaruhi perhitungan biaya total produksi diantaranya:

1. Biaya Material (C_M)

Material yang digunakan adalah Aluminium 6061 dengan ukuran 55 x 30 x 10 (mm). Harga material ukuran 100 x 30 x 10 (mm) adalah Rp. 16.500,- dan setiap ukuran 10 x 30 x 10 (mm) harganya Rp. 1.650,-. Jika untuk ukuran 55 x 30 x 10 (mm) maka harganya Rp. 9.075,-/benda kerja, dengan biaya kirim sebesar Rp. 21.500, maka biaya material per benda kerja dapat diketahui menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$C_M = C_{MO} + C_{MI} ; \text{Rp/produk}$$

Dimana:

$$C_M = \text{Ongkos material ; Rp/produk}$$

$$C_{MO} = \text{Harga pembelian ; Rp/produk}$$

$$C_{MI} = \text{Ongkos tak langsung ; Rp/produk}$$

$$C_M = 9.075 + 21.500$$

$$= \text{Rp. 30.575,-/produk}$$

2. Biaya produksi

Biaya produksi meliputi beberapa komponen yaitu biaya penyiapan, biaya pemesinan, dan biaya pahat.

a. Biaya penyiapan (C_r)

Biaya penyiapan yang dibutuhkan hanyalah pembuatan program CNC dan dihitung dengan menggunakan persamaan 9 sebagai berikut :

$$C_r = (C_{set} + C_{fix} + C_{pr}) / n_t ; \text{Rp/produk}$$

Dimana:

$$C_r = \text{Ongkos penyiapan dan peralatan khusus ; Rp}$$

$$\begin{aligned}
 C_{set} &= \text{Ongkos pengaturan/setting mesin ; Rp} \\
 C_{fix} &= \text{Ongkos perkakas bantu cekam (fixture) ; Rp} \\
 C_{pr} &= \text{Ongkos penyiapan desain program NC ; Rp} \\
 n_t &= \text{Jumlah produk yang dibuat ; Buah} \\
 C_r &= (0+0+50.000) / 1 \\
 &= \text{Rp. 50.000,-/produk}
 \end{aligned}$$

b. Biaya pemesinan (C_m)

Biaya pemesinan terdiri dari biaya operasi mesin dan biaya operator sebagai berikut :

1. Biaya operasi mesin diketahui berdasar daya mesin, waktu pemakaian, dan golongan tarif dasar listrik. Adapun daya mesin 1000 watt, waktu pemesinan 64.12 menit atau 1.069 jam, dan tarif listrik adalah Rp. 1.444.70,-/KWH. Maka :

$$1000 \times 1.069 = 1069 \text{ Watt/jam}$$

$$1069 \div 1000 = 1.069 \text{ KWH}$$

$$1.069 \times 1.444.70 \div 60 = \text{Rp. 25.73,-/menit}$$

2. Biaya operator diketahui berdasarkan UMR, adapun UMR di Kota Tuban adalah sebesar Rp. 2.540.000,-/bulan, dalam satu bulan ada 25 hari dan satu hari ada 8 jam kerja. Maka :

$$2.540.000 \div 25 = \text{Rp. 102.000,-/hari}$$

$$102.000 \div 8 = \text{Rp. 12.750,-/jam}$$

$$12.750 \div 60 = \text{Rp. 212,5,-/menit}$$

2. Waktu total pemesinan yang dibutuhkan untuk memproduksi *Reservoir Cover* adalah 64.12 menit.

Maka biaya pemesinan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 10 sebagai berikut :

$$C_m = c_m \cdot t_m ; \text{Rp/produk}$$

$$C_m = \text{Ongkos pemesinan Rp/produk}$$

$$c_m = \text{Ongkos operasi mesin (mesin dan operator) ; Rp/min}$$

$$t_m = \text{Waktu pemesinan ; min/produk}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 C_m &= (25.73 + 212.5) \cdot 64.12 \\
 &= \text{Rp. 15.275,-/produk}
 \end{aligned}$$

3. Biaya pahat (C_e)

Biaya pahat yang digunakan adalah berdasarkan harga pahat yang dibeli dari toko, yaitu dengan harga Rp. 108.000,-.

Setelah komponen-komponen biaya produksi diketahui maka dihitung dengan menggunakan persamaan 8 sebagai berikut :

$$C_P = C_r + C_m + C_e ; \text{Rp/produk}$$

Dimana:

$$C_P = \text{Ongkos produksi ; Rp/produk}$$

$$C_r = \text{Ongkos penyiapan dan peralatan ; Rp/produk}$$

$$C_m = \text{Ongkos pemesinan ; Rp/produk}$$

$$C_e = \text{Ongkos pahat ; Rp/produk}$$

$$C_P = 50.000 + 15.275 + 108.000$$

$$= \text{Rp. 173.275,-/produk}$$

Setelah biaya material dan biaya produksi diketahui, maka dihitung agar mengetahui biaya total produksi dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut :

$$C_u = C_M + \sum C_p ; \text{Rp/produk}$$

Dimana:

$$C_u = \text{Ongkos Total (Rp/produk)}$$

$$C_M = \text{Ongkos Material (Rp/produk)}$$

$$C_p = \text{Ongkos Salah Satu Proses Produksi (Rp/produk)}$$

$$C_u = 30.575 + 173.275$$

$$= \text{Rp. 203.850,- ~ Rp. 204.000,-/produk}$$

Dari perhitungan waktu dan perhitungan biaya produksi *Reservoir Cover* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.4 Perhitungan waktu dan perhitungan biaya produksi

Putaran spindel (Rpm)	Waktu produksi (Min/produk)	Biaya produksi (Rp/produk)
1100	64.12	204.000
1150	64.12	204.000
1200	64.12	204.000

4.3 Pembahasan

4.3.1 Perhitungan waktu dan perhitungan biaya produksi *reservoir cover* pembahasannya sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan waktu yang dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan dari [4], diperoleh waktu total produksi yang dipengaruhi oleh komponen waktu produktif dan waktu non produktif. Hasil komponen waktu tersebut adalah sebagai berikut:

1. Waktu produktif
Waktu produktif dengan menggunakan variasi putaran spindel 1100, 1150, dan 1200 Rpm menghasilkan waktu yang sama, yaitu sebesar 59.59 min/produk.
2. Waktu non produktif
Waktu non produktif didapatkan sebesar 4.13 min/produk.
3. Waktu total produksi
Waktu total produksi didapatkan dengan menjumlahkan waktu produktif dan waktu non produktif, menghasilkan waktu sebesar 64.12 min/produk.
4. Dari hasil perhitungan biaya yang dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan dari [4], diperoleh biaya suatu produk yang dipengaruhi oleh komponen biaya material dan biaya satu proses dalam suatu urutan produksi. Hasil komponen biaya tersebut adalah sebagai berikut:
 - a. Biaya material didapatkan sebesar Rp. 30.575,-/produk.
 - b. Biaya penyiapan didapatkan sebesar Rp. 50.000,- /produk.
 - c. Biaya pemesinan dengan variasi putaran spindel 1100, 1150, dan 1200 Rpm menghasilkan biaya yang sama, yaitu sebesar Rp. 15.275,- /produk.
 - d. Biaya produksi dengan variasi putaran spindel 1100, 1150, dan 1200 Rpm menghasilkan biaya yang sama, yaitu sebesar Rp. 173.294,- /produk.
 - e. Biaya total produksi dengan variasi putaran spindel 1100, 1150, dan 1200 Rpm menghasilkan biaya yang sama, yaitu sebesar Rp. 204.000,-/produk.

Dari perhitungan waktu dan biaya produksi yang hasilnya sama, maka dipilih putaran spindel 1100 rpm, karena menurut [14] bahwa dari putaran spindel 700 sampai 1200 rpm, dihasilkan tingkat kekasaran permukaan yang paling baik pada putaran spindel 1100rpm, karena dipengaruhi oleh material aluminium yang lunak dan pahat HSS yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, jadi putaran spindel yang baik tidak terlalu rendah dan tidak terlalu tinggi.

1. Asumsi

Jika material aluminium 6061 yang dibeli dari toko adalah dengan ukuran 2000 x 30 x 10 (mm), maka untuk membuat produk *reservoir cover* dengan ukuran 55 x 30 x 10 (mm) bisa menjadi 36 produk *reservoir cover*. Untuk mengetahui perhitungan waktu dan biaya per produk dalam produksi secara masal sebesar 36 produk, maka dapat dihitung sebagai berikut:

- a. Waktu produktif (t_c)
Waktu produktif sudah diketahui pada **tabel 4.1**, yaitu sebesar 59.59 menit/produk
- b. Waktu non produktif (t_a)
Waktu non produktif dapat dilihat pada **tabel 4.2**, maka dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_a = t_{LW} + t_{RT} + t_{RT} + t_{UW} + \frac{t_s}{n_t} ; \text{ min/produk}$$

Dimana:

t_a = Waktu Non Produktif (min/produk)

t_{LW} = Waktu Pemasangan Benda Kerja (min/produk)

t_{AT} = Waktu Penyiapan (min/produk)

t_{RT} = Waktu Pengakhiran (min/produk)

1. Biaya material

Biaya material dihitung berdasarkan harga dari toko, dan ditambah dengan biaya kirim, maka dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_M = C_{MO} + \frac{C_{MI}}{n_t} ; \text{Rp/produk}$$

Dimana:

C_M = Ongkos material ; Rp/produk

C_{MO} = Harga pembelian ; Rp/produk

C_{MI} = Ongkos tak langsung ; Rp/produk

n_t = Jumlah produk yang dibuat ; BuahMaka :

$$C_M = 9.075 + \frac{21.500}{36}$$

$$= \text{Rp. 9.672,-/produk}$$

2. Biaya pahat (C_e)

t_{UW} = Waktu Pengambilan Produk (min/produk)

$t_{\underline{S}}$ = Penyiapan Mesin Beserta Perlengkapannya (min/produk)

n_t

Maka :

$$t_a = 0.35 + 2.04 + 0.4 + 0.14 + \frac{1.16}{36}$$

$$= 3 \text{ min/produk}$$

3. Waktu total produksi (t_m)

Waktu total produksi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$t_m = t_a + t_c$$

Dimana:

t_m = Waktu Total Produksi (min/produk)

t_a = Waktu Non Produktif (min/produk)

t_c = Waktu Produktif (min/produk)Maka

:

$$t_m = 59.59 + 3$$

$$= 62.59 \text{ min/produk}$$

Biaya pahat dihitung berdasarkan harga dari toko, maka dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_e = \frac{c_e}{n_t} ; \text{Rp/produk}$$

Dimana:

C_e = Ongkos pahat ; Rp/produk

c_e = Harga pahat ; Rp/produk

n_t = Jumlah produk yang dibuat ; BuahMaka :

$$C_e = \frac{108.000}{36}$$

$$= \text{Rp. 3.000,-/produk}$$

a. Biaya penyiapan (C_r)

Biaya penyiapan yang dibutuhkan hanyalah pembuatan program CNC dan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_r = \frac{C_{pr}}{n_t} ; \text{Rp/produk}$$

Dimana:

C_r = Ongkos penyiapan ; Rp

C_{pr} = Ongkos penyiapan desain program NC ; Rp

n_t = Jumlah produk yang dibuat ; Buah

Maka :

$C_r = 50000/36 = \text{Rp. } 1.389,-/\text{produk}$

a. Biaya pemesinan (C_m)

Biaya pemesinan terdiri dari biaya operasi mesin, biaya operator, dan waktu pemesinan maka dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$C_m = c_m \cdot t_m$; Rp/produkDimana:

C_m = Ongkos pemesinan Rp/produk

c_m = Ongkos operasi mesin (mesin dan operator) ; Rp/min

t_m = Waktu pemesinan ; min/produk

Maka :

$C_m = (25.73 + 212.5) \cdot 62.59$

= Rp. 14.911,-/produk

b. Biaya produksi (C_p)

Biaya produksi terdiri dari biaya penyiapan, biaya pemesinan, dan biaya pahat maka dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$C_p = C_r + C_m + C_e$; Rp/produk

Dimana:

C_p = Ongkos produksi ; Rp/produk

C_r = Ongkos penyiapan dan peralatan ; Rp/produk

C_m = Ongkos pemesinan ; Rp/produk

C_e = Ongkos pahat ; Rp/produk

Maka :

$C_p = 1.389 + 14.911 + 3.000$

= Rp. 19.300,-/produk

c. Biaya total produksi (C_u)

Biaya produksi terdiri dari biaya material dan biaya proses produksi, maka dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$C_u = C_M + \sum C_p$; Rp/produk

Dimana:

C_u = Ongkos Total (Rp/produk)

C_M = Ongkos Material (Rp/produk)

C_p = Ongkos Salah Satu Proses Produksi (Rp/produk)Maka :

$C_u = 9.672 + 19.300$

= Rp. 28.972,- ~ Rp. 29.000,-/produk

Berdasarkan asumsi perhitungan waktu dan biaya produksi untuk 36 produk, menghasilkan waktu total sebesar 62.59 min/produk dan biaya sebesar Rp. 29.000,-/produk. Jadi mesin CNC lebih unggul dari pada mesin konvensional, karena mampu memproduksi secara massal dengan waktu lebih singkat dan biaya lebih murah [14]. Adapun untuk mengetahui perbandingan produksi secara massal dengan satu produk dapat dilihat pada **tabel 4.5**

Tabel 4.5 Perbandingan produksi untuk 1 produk dengan untuk 36 produk

	Waktu produksi (Min/produk)	Biaya produksi (Rp/produk)
Untuk 1 produk	64.12	204.000
Untuk 36 produk	62.59	29.000

Cycle time (waktu siklus) merupakan waktu yang dibutuhkan seorang operator untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan termasuk untuk melakukan kerja manual dan berjalan. Terkadang diartikan sebagai waktu untuk menghasilkan satu unit produk, dalam

hal ini ditentukan dari proses yang paling lama, apakah itu pekerjaan manusia atau mesin [15].

Pada proses produksi *reservoir cover* menghasilkan waktu total sebesar 64.12 min/produk, dan terdapat waktu yang paling lama yakni waktu produktif pada proses produksi *reservoir cover* sebesar 59.59 min/produk. Sehingga *cycle time* pada proses produksi *reservoir cover* adalah sebesar 59.59 min/produk.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan dibahas pada bab 4 maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan memvariasikan putaran spindel 1100, 1150, dan 1200 Rpm terhadap waktu produksi *Reservoir Cover* dengan hasil bahwa putaran spindel tidak mempengaruhi waktu produksi *Reservoir Cover*, dengan total waktu 64.12 min/produk.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan memvariasikan putaran spindel 1100, 1150, dan 1200 Rpm terhadap biaya produksi *Reservoir Cover* dengan hasil bahwa putaran spindel tidak mempengaruhi biaya produksi *Reservoir Cover*, dengan total biaya sebesar Rp. 204.000,-/produk
3. Berdasarkan asumsi perhitungan pembuatan produk *reservoir cover* secara masal, menghasilkan waktu produksi lebih cepat sebesar 62.59 min/produk dan biaya produksi lebih murah sebesar Rp. 29.000,-/produk.

5.2 SARAN

1. Pemilihan desain benda kerja juga harus diperhatikan agar mempersingkat waktu produksi dan tidak membuang waktu, agar biaya produksi dapat ditekan lebih murah lagi.
2. Diharapkan untuk memperhitungkan biaya tetap mesin per tahun.
3. Memperhitungkan umur pahat untuk produksi secara masal.
4. Memperhitungkan daya pemotongan sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariyanto N, "Optimasi Parameter Permesinan Pemrograman Cnc Milling Terhadap Waktu Proses Untuk Meningkatkan Efisiensi Di PT. Mekar Armada Jaya", *Skripsi*, Magelang: Program Studi Teknik Industri (S1) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang, 2018.
- [2] Suteja T. J., Dkk, "Optimasi Proses Pemesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan *Response Surface Methodology*", *Jurnal Teknik Mesin Vol. 10, No. 1, April 2008: 1-7*.
- [3] Sabilillah M. I, "Perancangan dan Perhitungan Waktu Total Proses Produksi *Blade Controllable Pitch Propeller* Dengan CNC untuk Perencanaan Biaya Produksi", *Skripsi*, Surabaya: Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [4] Rochim T., "*Tori dan Teknologi Proses Pemesinan*". Bandung: Laboratorium Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin FTI-ITB, 1993.
- [5] Wahyudi H. T., Dkk, "Pengaruh Variasi Lubang Piringan Cakram Terhadap Pelepasan Panas Pada Motor *Matic 110 Cc*", *J-Proteksion Vol. 2 No. 2 Februari 2018 Hal. 9-16*.
- [6] Maliwemu E. U. K. Dan Iswanto P. T., "Pengaruh Putaran *Centrifugal Casting Velg* dari bahan Aluminium *Scrap* terhadap Karakteristik Perambatan Retak Fatik", *Industrial Research Workshop and National Seminar 2011*.
- [8] Widarto, "Teknik Pemesinan Jilid 2, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 2008.
- [9] Widianoro A. W., "Pengaruh Jenis Material Pahat Potong dan Arah Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Ems 45 Pada Proses Cnc Milling", *Skripsi*, Semarang: Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, 2017.
- [10] Arifianto W., "Pengaturan Posisi Mata Pahat *Milling Machine* Memotong Benda Kerja Mengikuti Kontur Lingkaran" *Tugas Akhir*. Surabaya: Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.

- [11] Isbullah, Dkk., “Prediksi Kegagalan Sistem Rem Cakram Pada Sepeda Motor(Studi Kasus Honda Supra X 125)”, *Thesis*, Semarang: Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2013.
- [12] Setyaji E. F., “Pengaruh Temperatur Tuang *Stir Casting* Terhadap Densitas, Porositas, Konduktivitas Termal Dan Struktur Mikro Pada Komposit Alumunium Yang Diperkuat Serbuk Besi”, *Tugas Akhir*, Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Dipenogoro, 2012.
- [13] Wicaksono B. W., “Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Paduan Al-Cu Perlakuan Aging”, *Tugas Akhir*, Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma, 2010.
- [14] Firdaus F. N., “Pengaruh Kecepatan Putar dan Penyayatan *Endmill Cutter Type HSS* Terhadap Tingkat Kekasaran Aluminium Pada Mesin CNC”, *JPTM. Volume 10 Nomor 02 Tahun 2021*, 103-110