ABSTRAKSI

Di dalam setiap proses produksi selalu diinginkan agar proses produksi tersebut berjalan sesuai dengan yang direncanakan, baik itu ditinjau dari kecepatan proses, waktu proses, biaya proses ataupun faktor-faktor lain yang menunjang sehingga proses produksi tersebut dapat memberikan hasil yang optimal. Fly wheel yang merupakan komponen untuk mesin diesel yang dibuat oleh P.T Tri Ratna Diesel Indonesia merupakan suatu produk yang akan dibuat/dikerjakan dengan proses manufakturing multistage. Proses manufakturing ini akan menggunakan 4 mesin dengan jumlah produk yang akan dihasilkan 100 buah.

Untuk itu langkah yang perlu diambil dalam merencanakan proses ini adalah dengan menentukan kecepatan potong dari tiap mesin dengan berpatokan pada kriteria kecepatan produksi yang maksimum. Selain itu, yang harus diperhitungkan juga adalah optimal cycle time yang terbesar dari suatu mesin yang ada dalam proses tersebut dan biaya produksi yang akan dikeluarkan.

Dari hasil perencanaan ini dapat diketahui kecepatan potong dari tiap mesin dalam suatu sistem yang multistage dan sistem antrian yang sebelumnya ada, dapat dihilangkan serta biaya produksi yang dikeluarkan dapat dikurangi.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Persamaan Taylor

Untuk menentukan umur pahat dapat digunakan rumus:

$$v\ T^n = C_T$$

dimana: C_T = kecepatan potong pada umur pahat 1 menit; m/min, atau disebut juga Konstanta Taylor.

Dari hasil penelitian dengan menggunakan berbagai macam kombinasi pahat dan benda kerja serta dilakukan pada berbagai kondisi pemotongan, konstanta Taylor dapat secara lebih umum dituliskan seperti rumus berikut:

$$C_T = \frac{C_{TVB}\ VB^m}{h^p\ b^q} \qquad (2.1)$$

dimana:

VB = keausan tepi yang dianggap sebagai batas saat berakhirnya umur pahat; mm. Tergantung dari keuletan pahat, dan benda kerja serta berat ringannya kondisi pemotongan, harga batas keausan tersebut dapat dipilih dari 0.3 s/d 1 mm (dapat

dilihat dari tabel L-1), untuk menghindari kerusakan fatal.

m = pangkat untuk batas keausan. Tergantung dari kualitas pahat serta jenis dan kondisi benda kerja. (m = 0.4 s/d 0.5).

h = tebal geram sebelum terpotong; mm. Ditentukan berdasarkan kondisi pemotongan optimum, yaitu sebesar mungkin bila merupakan proses pengkasaran, atau sesuai dengan batas minimum bila merupakan proses penghalusan. Atau dapat juga dicari dengan rumus: $h = f \sin k_r$

dimana: f = gerak makan; mm/r.

k_r = sudut potong utama; ^{o}.

p = pangkat untuk tebal geram sebelum terpotong. Tergantung pada jenis dan kualitas pahat (sesuai dengan pemakaian serta jenis dan kondisi benda kerja). Harga pangkat p dapat dilihat pada tabel L-2.

b = lebar pemotongan; mm. Dapat dicari dengan rumus:

$b = a / \sin k_r$

dimana: a = kedalaman potong; mm.

q = pangkat dari lebar pemotongan. Harganya relatif kecil, berkisar antara 0.05 s/d 0.13. Kadangkala harganya relatif tetap yaitu 0.1.

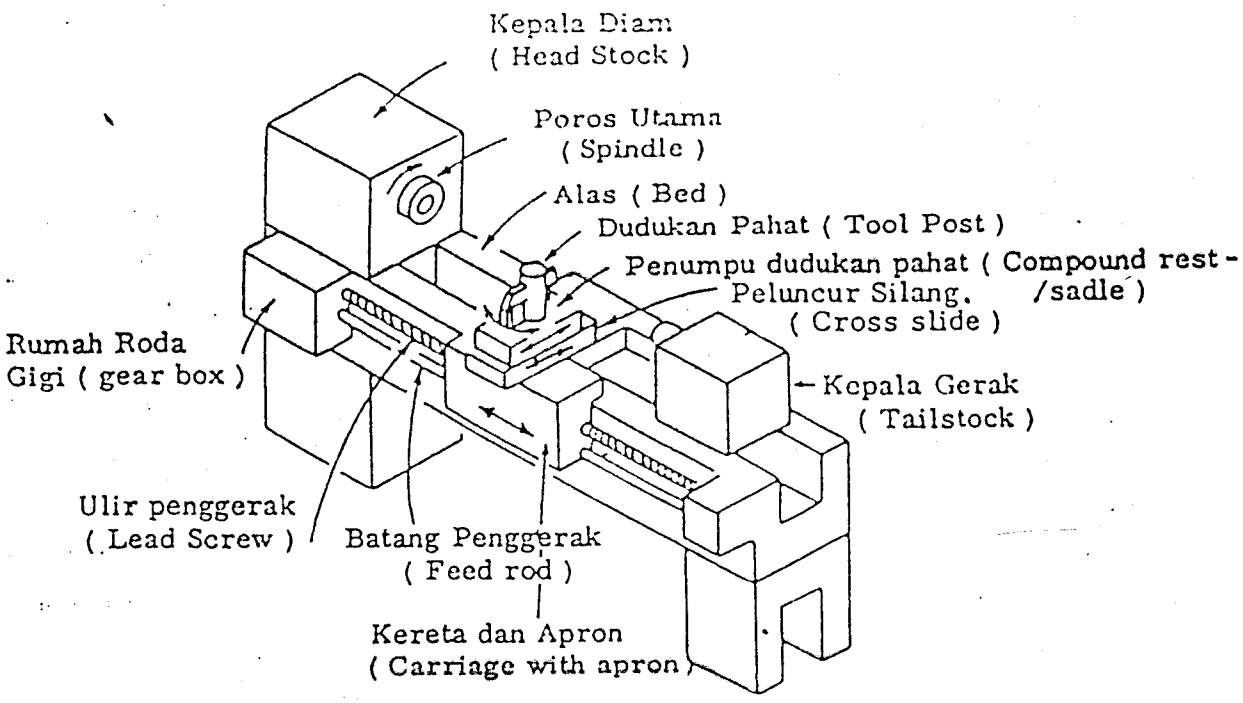
C_{TVB}= kecepatan potong ekstrapolatif (m/min), yang secara teoritis akan menghasilkan umur pahat sebesar 1 menit, untuk VB = 1 mm, h = 1 mm dan b = 1 mm. Merupakan harga spesifik bagi kombinasi jenis pahat dan benda kerja. Dipengaruhi oleh geometri pahat terutama sudut potong efektif k_{re}. Kekakuan sistem pemotongan, gaya pemotongan dan kondisi benda kerja (non treated, annealed, normalized dan sebagainya) sangat berpengaruh. Pemakaian cairan pendingin yang tepat dapat menaikkan harga C_{TVB}.

Tabel L-3 merupakan contoh hasil percobaan pemesinan untuk beberapa jenis benda kerja dengan menggunakan pahat karbida. Jenis pahat tersebut dipilih sesuai dengan benda kerja dan kondisi pemotongan. Harga eksponen q (pangkat untuk lebar geram) tidak dicantumkan karena harganya relatif tetap (q = 0.1). Perhatikan harga konstanta C_{TVB} yang membesar dengan menurunnya sudut potong utama.

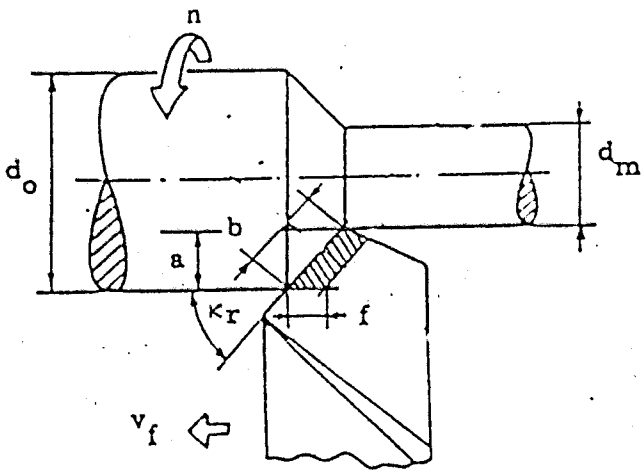
2.2 Macam-macam Proses

2.2.1 Proses Membubut (Turning)

Benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasangkan diujung poros utama, lihat gambar 2.1. Dengan mengatur lengan pengatur yang terdapat pada sisi muka kepala diam,



Gambar 2.1 Mesin Bubut (Lathe)



$$A = a.f = b.h$$

$$b = a/\sin\kappa_r$$

$$h = f\sin\kappa_r .$$

Gambar 2.2 Proses Membubut

putaran poros utama (N) dapat dipilih. Harga putaran poros utama umumnya dibuat bertingkat, dengan aturan yang telah distandarkan, misalnya : 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800 dan 2000 rpm. Untuk mesin bubut dengan putaran motor variabel, ataupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan putaran poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan (continue).

Pahat dipasangkan pada dudukan pahat dan kedalaman potong (a) diatur dengan menggeserkan peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter, dengan demikian kedalaman potong adalah setengah harga tersebut). Pahat bergerak translasi bersama-sama dengan kereta dan gerak makannya diatur dengan lengan pengatur pada rumah roda gigi. Gerak makan (f) yang tersedia pada mesin bubut bermacam-macam dan menurut tingkatan yang telah distandarka, misalnya : ....., 0.1, 0.112, 0.125, 0.14, 0.16, ...(mm/r).

Elemen dasar dari proses membubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.2. Kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut :

<u>Benda Kerja</u> : D_o = diameter mula ; mm.

D_m = diameter akhir ; mm.

l_t = panjang pemesinan ; mm.

<u>Pahat</u> : k_r = sudut potong utama ; ^{o}

<u>Mesin Bubut</u> : a = kedalaman potong,

= (D_o - D_m) / 2 ; mm.

f = gerak makan ; mm/r.

N_s = putaran poros utama ; rpm.

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut :

1. Kecepatan potong : $v = \frac{\pi . D . N_s}{1000}$; m/min (2.2)

dimana, D = diameter rata-rata

= (D_o + D_m) /2 = D_m ; mm (2.3)

2. Kecepatan makan : $v_f = f\ N_s$; m/min (2.4)

3. Waktu pemotongan : $t_m = l_t/v_f$; min (2.5)

4. Kecepatan penghasilan geram : Z = A v

dimana, A = penampang geram sebelum terpotong

$A = f\ a$; mm^2 (2.6)

maka : $Z = f\ a\ v$; cm^3/min (2.7)

Pada gambar 2.2 diperlihatkan <u>sudut potong utama</u> (k_r, principal cutting edge angle) yaitu merupakan sudut antara <u>mata potong utama</u> (proyeksinya pada bidang referensi) dengan kecepatan makan v_f. Besarnya sudut tersebut ditentukan ole geometri pahat dan cara pemasangan pahat pada mesin perkakas (orientasi pemasangannya). Untuk

harga a dan f yang tetap maka sudut ini menentukan besarnya lebar pemotongan (b, width of cut) dan tebal geram sebelum terpotong (h, undeformed chip thickness) sebagai berikut:

- lebar pemotongan : $b = a/\sin k_r$; mm.
- tebal geram sebelum terpotong : $h = f \sin k_r$; mm.

Dengan demikian penampang geram sebelum terpotong dapat dituliskan sebagai berikut : $A = f\ a = b\ h$

2.2.2 Proses Membubut Multitool/Multiprocess

Dalam satu proses bubut dimana digunakan lebih dari 1 pahat atau proses, maka akan digunakan rumus-rumus sebagai berikut (dengan asumsi bahwa semua pahat perlu diganti bila salah satu pahat rusak/perlu diganti):

$$t_m = t_{m1} + t_{m2} + t_{m3} + \ldots + t_{mn}$$

dimana t_{m1}, t_{m2}, t_{m3}, ...t_{mn} adalah waktu pemesinan dari tiap tool/proses 1,2,3...n, tiap produk.

Persamaan di atas dapat juga ditulis menjadi:

$$t_m = t_{m1} \left(\frac{t_{m1} + t_{m2} + t_{m3} + \ldots + t_{mn}}{t_{m1}} \right) \qquad (2.8)$$

Waktu pemesinan per produk untuk tiap tool/proses:

$$t_{m1} = \frac{l_1}{N\ f_1}, \quad t_{m2} = \frac{l_2}{N\ f_2}, \ \ldots \ t_{mn} = \frac{l_n}{N\ f_n} \qquad (2.9)$$

Sehingga substitusi persamaan (2.9) ke persamaan

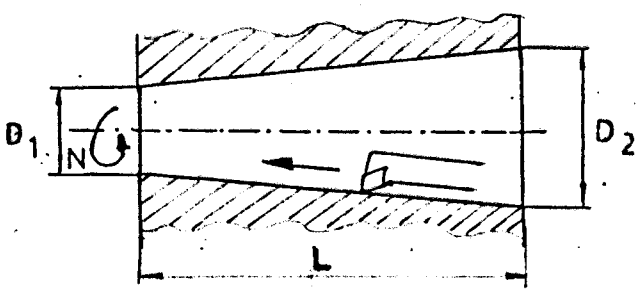
(2.8) akan didapat (dalam hal ini $f_1 = f_2 = ... f_n$):

$$t_m = t_{m1} \left(\frac{l_1 + l_2 + ... + l_n}{l_1} \right)$$

$$= \frac{l_1 + l_2 + ... + l_n}{N\ f} \qquad (2.10)$$

2.2.3 Proses Boring Bentuk Tirus (Boring Taper)

Di bawah ini ditunjukkan proses boring bentuk tirus:



Gambar 2.3 Proses Boring Tirus

Dari gambar di atas dapat ditentukan kecepatan potong dari proses tersebut sebagai:

$$V = \frac{2\pi RN}{12} = \frac{\pi N}{6} \left(R_1 + (R_2 - R_1) \frac{Nf}{L} T \right)$$

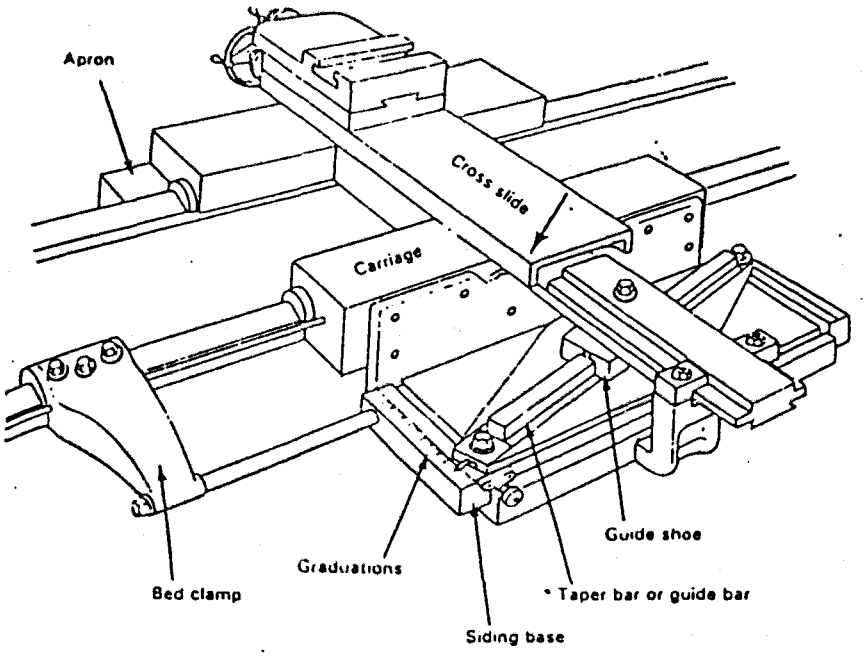
$$= [\text{ft/min}].$$

atau

$$V = \frac{2\pi RN}{1000} = \frac{\pi N}{500} \left(R_1 + (R_2 - R_1) \frac{Nf}{L} T \right)$$

$$= [\text{m/min}]. \qquad (2.11)$$

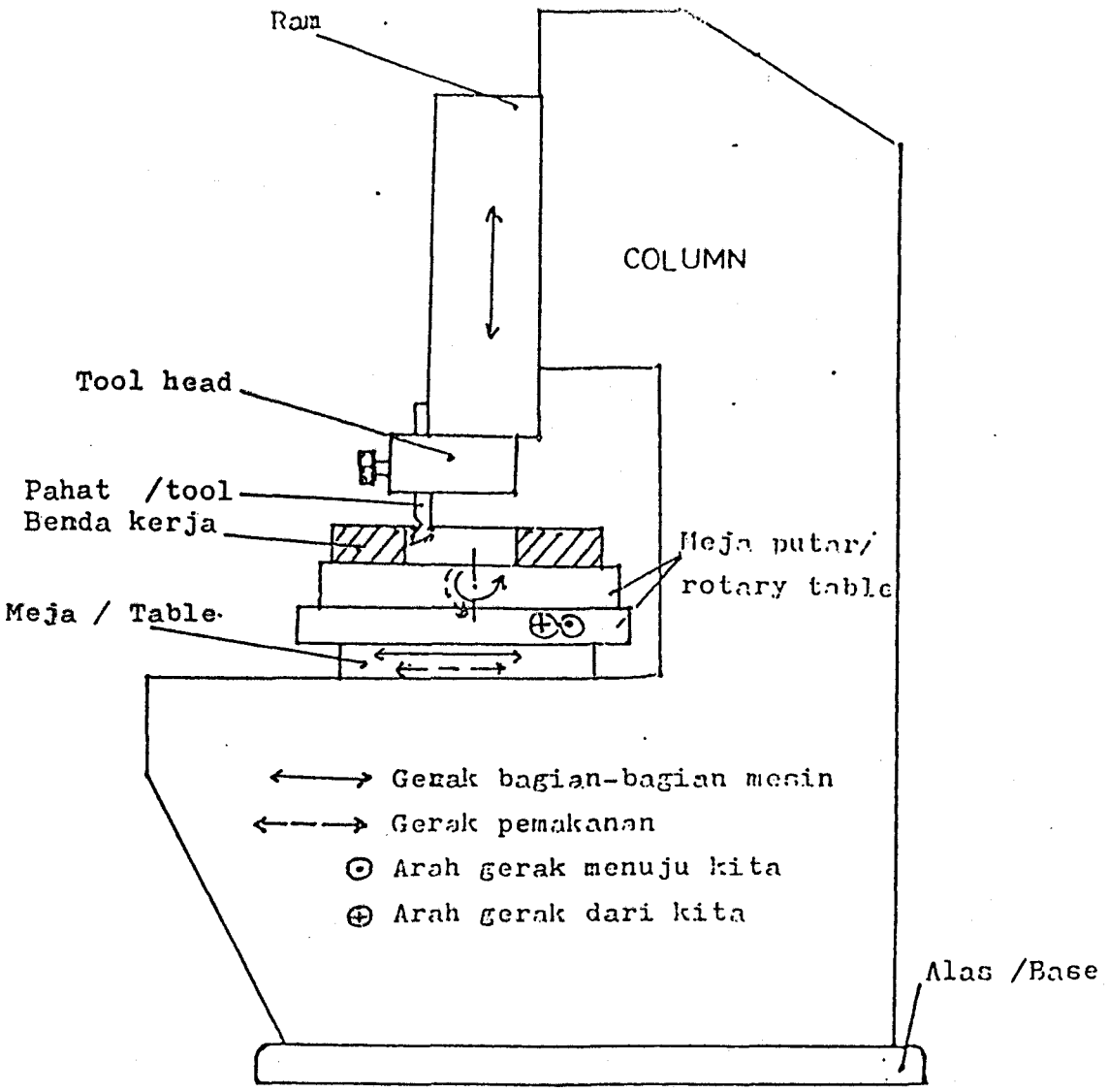
MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER



Gambar 2.4 Posisi Mesin Bubut Proses Bubut Tirus

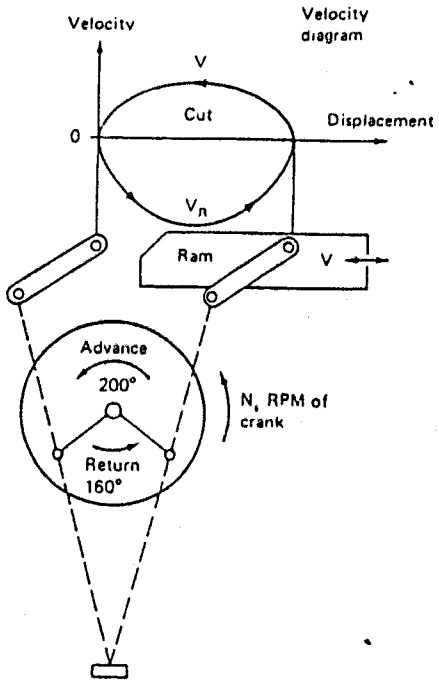
2.2.4 Proses Menusuk (Slotting)

Proses slotting merupakan salah satu proses menyekrap (shaping / planing) yang dalam hal ini mempunyai kesamaan dengan proses bubut, tetapi gerak potongnya tidak merupakan gerak rotasi melainkan gerak translasi yang dilakukan oleh pahat, lihat gambar 2.5.

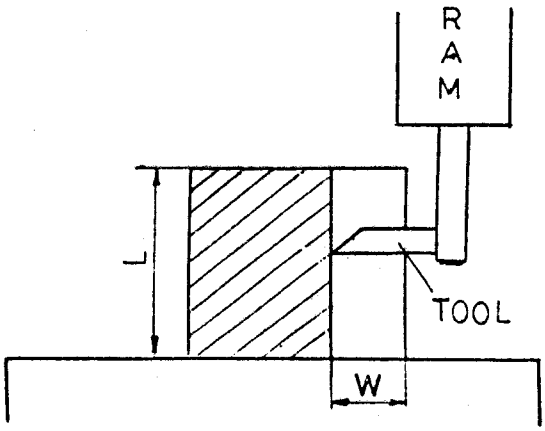


Gambar 2.5 Blok Diagram Mesin Sloter

Benda kerja dipasangkan pada meja dan pahat dipasangkan pada pemegangnya. Gerak makannya dilakukan oleh benda kerja (meja). Mekanisme gerakan mesin sloter dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Mekanisme Gerakan Mesin Sloter



Gambar 2.7 Proses Sloting

Elemen dasar pada proses slotting dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus berikut, lihat gambar 2.7:

Benda Kerja : l_t = panjang pemesinan ; mm.

w = kedalaman potong ; mm.

b = lebar pemotongan ; mm.

Pahat : k_r = sudut potong utama ; °

Mesin Sloter : f = gerak makan ; mm/r.

N = putaran crank gear ; rpm.

R_s = stroke ratio

$$= \frac{\text{Cutting stroke angle}}{360 \text{ degrees}}$$

$$= \frac{200}{360} = 5/9$$

1. Kecepatan potong : $v = \dfrac{2\, l_t\, N_s}{1000\, R_s}$; m/min (2.12)

2. Kecepata makan : $v_f = f\, N_s$; mm/min (2.13)

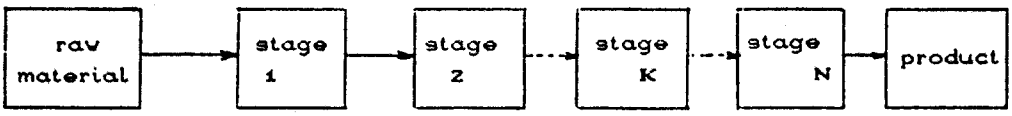
3. Waktu pemotongan : $t_m = w/v_f$; min (2.14)

2.3 Optimasi Sistim Multistage

2.3.1 Model Matematika Dasar

Dalam hal ini, analisa optimasi dari suatu sistem manufakturing yang multistage yang akan dibuat adalah dengan menghitung optimal cycle time dan kecepatan potong optimal dari tiap-tiap stage (mesin). Untuk ini produk

yang akan dibuat akan melewati suatu aliran sistem manufakturing tipe multistage, yang terdiri dari N mesin atau stasiun kerja seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.8 Sistem Multistage

Pada stage J (= 1,2,3,....N), waktu set-up t_{pJ} (min/pc) dan waktu pemesinan t_{mJ} (min/pc) perlu ditentukan kemudian diekspresikan sebagai suatu fungsi kecepatan potong yang digunakan pada stage tersebut:

$$t_{mJ} = \frac{\lambda_J}{v_J} \quad , \quad J = 1,2,3,...N \qquad (2.15)$$

$$\lambda = \frac{\pi D l}{1000 f} \qquad (2.16)$$

$$t_m = \frac{1}{N_s\ f} \qquad (2.17)$$

$$v = \frac{\pi D N_s}{1000} \qquad (2.18)$$

dimana: D = diameter pemesinan; mm.

l = panjang pemesinan; mm.

N_s = kecepatan spindle utama; rpm.

f = gerak makan; mm/r.

λ = konstanta pemesinan; mm

Waktu yang diperlukan oleh produk untuk melewati sistem disebut ***cycle time***, dan dengan menggunakan kecepatan potong yang optimal dari tiap-tiap proses maka dapat ditentukan optimal cycle time, dimana stage yang mempunyai optimal cycle time terbesar disebut sebagai ***bottleneck stage***, dan diasumsikan sebagai stage K. Waktu produksi dari stage-stage yang lain adalah lebih kecil (atau paling besar sama dengan) waktu produksi dari stage K dan stage-stage tersebut merupakan ***slack stages***. Hal ini penting untuk mengurangi waktu luang yang terjadi sehingga dapat mengurangi biaya produksi.

Dengan berdasarkan hal di atas, model-model matematika dasar untuk suatu aliran sistem manufakturing yang multistage dapat dituliskan sebagai berikut:

1. ***Unit Production Time*** . Waktu produksi per unit t_J (min/pc) pada stage J (= 1,2,3,...N) terdiri dari 3 macam

waktu:

$$t_J = tp_J + tm_J + tc_J \frac{tm_J}{T_J}$$

$$= tp_J + \frac{\lambda_J}{v_J} + \frac{\lambda_J \; tc_J}{C_J^{1/n_J}} \; v_J^{1/n_J - 1} \qquad (2.19)$$

2. *Cycle Time*. Diasumsikan bahwa bottleneck stage adalah K, maka cycle time tc_T dapat dituliskan sebagai:

$$tc_T = \max_{1 \ll J \ll N} t_J \equiv t_K \qquad (2.20)$$

3. *Waiting Time*. Waktu tunggu yang terjadi pada stage J dapat dituliskan sebagai:

$$tw_J = tc_T - t_J \qquad (2.21)$$

Pada stage K, $tw_K = 0$, dimana: tw_K (min/pc).

4. *Production Rate*. Laju produksi q (pc/min), yaitu jumlah produk yang dihasilkan dalam 1 menit:

$$q = 1/tc_T \qquad (2.22)$$

5. *Stage Production Cost*. Biaya produksi per unit u_J (Rp/pc) pada stage J dapat dituliskan sebagai:

$$u_J = k_{dJ}\, t_{pJ} + (k_{dJ} + k_{mJ})\, t_{mJ} + k_{dJ}\, t_{cJ} \frac{t_{mJ}}{T_J} + k_{iJ}\, t_{cT} + k_{dJ}\, t_{vJ}$$

$$= k_{mJ}\, t_{mJ} + k_{lJ} \frac{t_{mJ}}{T_J} + k_{lJ} \left(t_{pK} + t_{mK} + t_{cK} \frac{t_{mK}}{T_J} \right)$$

$$J = 1,2,3,\ldots.N \qquad (2.23)$$

dimana:

k_{lJ} = ongkos pahat (Rp/pahat).

k_{mJ} = ongkos pemesinan (Rp/min).

$k_{lJ} = k_{dJ} + k_{iJ}$

k_{dJ} = ongkos buruh/operator (Rp/min).

k_{iJ} = ongkos tak langsung, diasumsikan merupakan ongkos yang timbul karena faktor lain selama produksi berjalan (Rp/min).

6. *Total Production Cost*: Biaya produksi total u (Rp/pc) yang dibutuhkan untuk membuat 1 produk yaitu dari harga fly wheel hasil cor dan biaya dari keseluruhan proses multistage, yang dapat ditentukan dengan rumus:

$$u = m_c + \sum_{J=1}^{N} u_J$$

$$= m_c + \sum_{J=1}^{N} \left(k_{mJ}\, t_{mJ} + k_{lJ} \frac{t_{mJ}}{T_J} \right) + [\ K_l\, t_{pK} +$$

$$(k_{mK} + K_l) + (k_{tK} + t_{cK} K_l) \frac{t_{mK}}{T_K}] \qquad (2.24)$$

dimana: $$K_l = \sum_{J=1}^{N} k_{lJ} + \sum_{J=1}^{N} k_{iJ} \qquad (2.25)$$

7. *Unit Profit*. Keuntungan per produk g (Rp/pc), yang merupakan selisih dari harga penjualan ru (Rp/pc) dengan biaya total produksi dan dapat dituliskan sebagai:

$$g = ru - u \qquad (2.26)$$

8. *Profit Rate*. Laju keuntungan p (Rp/min) yaitu banyaknya keuntungan yang diperoleh dalam 1 menit, dirumuskan sebagai: $p = gq$ (2.27)

2.3.2 Menentukan Kecepatan Potong Optimal

Dengan menggunakan model-model matematika dasar di atas, kondisi pemesinan yang optimal, terutama kecepatan potong optimal dari tiap stage/mesin dalam sistim multistage dapat dicari dengan meminimumkan cycle time, persamaan (2.20), atau memaksimalkan laju produksi, persamaan (2.22) berdasar pada kriteria laju produksi yang maksimal; dengan meminimumkan biaya total produksi, persamaan (2.24), atau memaksimumkan keuntungan per produk, persamaan (2.26) berdasar kriteria laju produksi

yang minimum; dan dengan memaksimumkan laju keuntungan, persamaan (2.27) berdasar kriteria laju keuntungan maksimal. Dalam hal ini terdapat hubungan:

$$t_J \leq t_K \qquad (2.28)$$

Ini berarti bahwa waktu produksi dari slack stages adalah lebih kecil atau sama dengan waktu produksi pada bottleneck stage. Sehingga dengan demikian kecepatan potong optimal dari tiap stage dapat ditentukan sebagai berikut:

a. Kecepatan potong optimal pada bottleneck stage K. Hal ini didasarkan pada kriteria yang digunakan.

(i) Untuk kriteria laju produksi maksimal,

$$v_k^{(t)} = \frac{C_K}{[(1/n_K - 1)\ t_{cK}]^{n_K}} \qquad (2.29)$$

(ii) Untuk kriteria biaya produksi minimal,

$$v_K^{(c)} = \frac{C_K}{(1/n_K - 1)^{n_K}} \left(\frac{k_{mK} + K_l}{k_{tK} + t_{cK}\ K_l}\right)^{n_K} \qquad (2.30)$$

(iii) Untuk kriteria laju keuntungan maksimal,

$$(1 - n_K)[k_{tK}\ t_{pK} + (r_n - t_s)\ t_{cK}]\ v_K^{(p)\ 1/n_K} +$$

$$\lambda_K\ (k_{tK} - k_{mK}\ t_{cK})\ v_K^{(p)\ 1/n_K - 1} - n_K\ C_K^{1/n_K}$$

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

$$[k_{mK}\, t_{pK} + (r_n - t_s)] = 0 \qquad (2.31)$$

dimana:

$$t_s = \sum_{J=K} \lambda_J \frac{k_{mJ} + k_{tJ}\,(v_J^{(c)} / C_J)^{1/n_J}}{v_J^{(c)}}$$

$$r_n = r_u - m_c$$

b. Kecepatan potong optimal pada slack stages J = 1, 2, 3,....., K-1, K+1,....., N.

(i) Untuk kriteria biaya produksi minimal dan laju keuntungan maksimal,

$$v_J^{(c)} = \frac{C_J}{(1/n_J - 1)^{n_J}} \qquad (2.32)$$

(ii) Untuk kriteria laju produksi yang maksimal,

$$v_J^{(t)} = \frac{C_J}{[(1/n_J - 1)\, t_{cJ}]^{1/n_J}} \qquad (2.33)$$

dimana dari harga kecepatan potong yang optimal ini kemudian dapat dihitung waktu produksi dari tiap stage, dimana stage yang mempunyai waktu produksi terbesar merupakan bottleneck stage dan harga kecepatan potongnya merupakan kecepatan potong yang optimal dari bottleneck stage tersebut. Setelah itu dapat ditentukan kecepatan potong dari tiap slack stage yang ada dengan berdasar pada

2 aturan yang ada, yaitu:

Aturan 1. Kecepatan potong optimal pada slack stage berdasar kriteria laju produksi yang maksimal adalah:

$$v_J^* = \frac{C_J}{(1/n_J - 1)^{n_J}} \left(\frac{k_{mJ}}{k_{tJ}} \right)^{1/n_J} = v_J^{(c)} \quad (2.34)$$

jika $t_J^{(c)} < t_{CT}^*$, dimana t_{CT}^* adalah waktu produksi dari bottleneck stage. Kecepatan potong di atas merupakan kecepatan potong yang akan menghasilkan biaya produksi yang minimum, sehingga waktu produksi dengan kecepatan potong $v^{(c)}$ lebih besar daripada waktu produksi dengan kecepatan potong $v^{(t)}$.

Aturan 2. Kecepatan potong optimal dari slack stage berdasar kriteria laju produksi yang maksimal adalah:

$$v_J^{(e)} = v_J^* \quad \text{untuk} \quad v_J^{(e)1/n_J} - \frac{C_J^{1/n_J}}{\lambda_J \, t_{cJ}} (t_{CT}^* - t_{pJ}) \, v_J^{(e)} + \frac{C_J^{1/n_J}}{t_{cJ}} = 0 \quad (2.35)$$

jika $t_J^{(t)} < t_{CT}^* < t_J^{(c)}$, dimana $v_J^{(e)}$ merupakan kecepatan potong efisiensi tinggi dan $t_J^{(e)} = t_{CT}^*$.

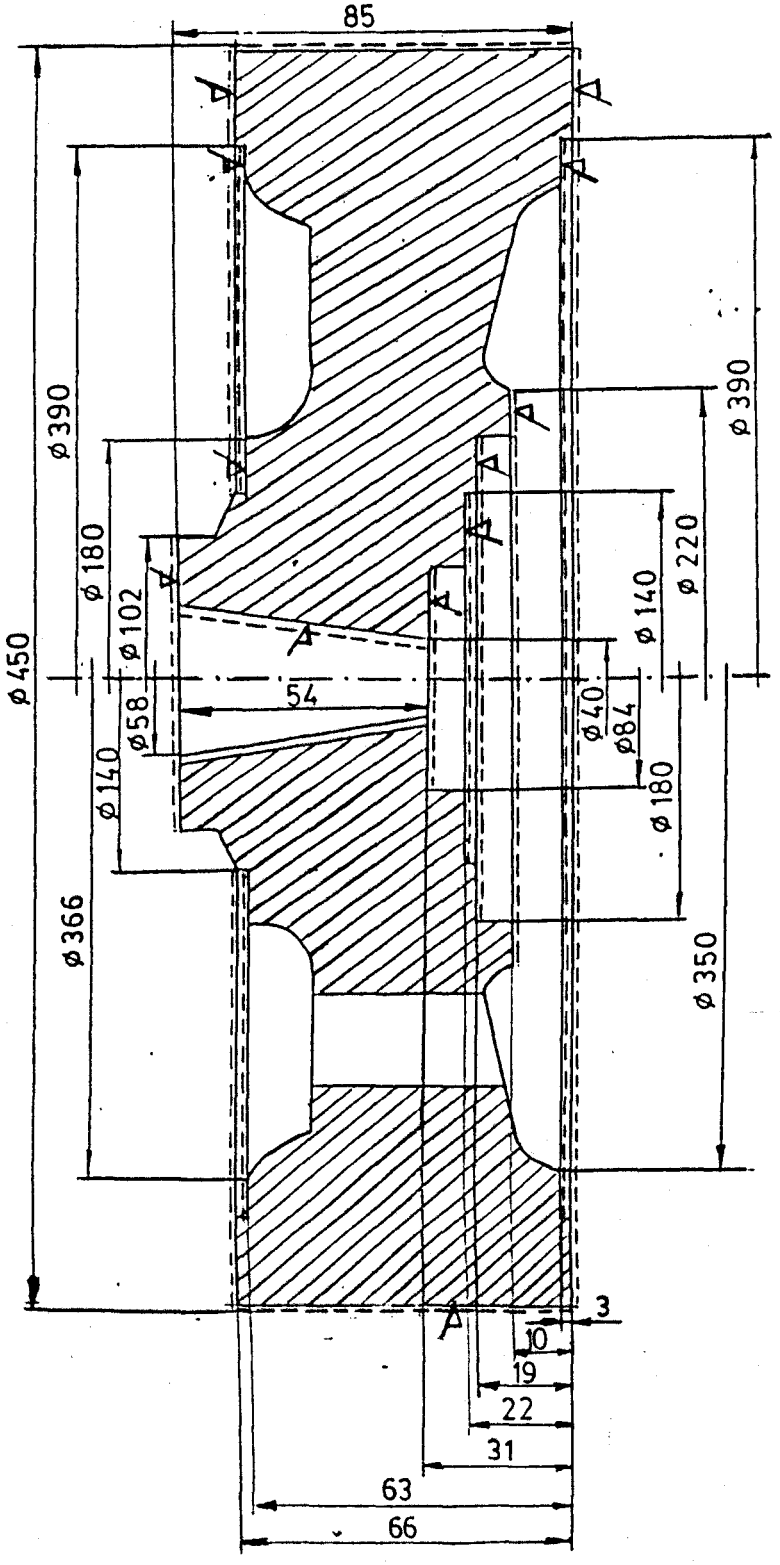
Dari kedua aturan di atas, maka dapat ditentukan kecepatan potong dari slack stage yaitu apabila t_{CT}^* lebih besar daripada $t^{(c)}$ digunakan ***aturan 1*** untuk menentukan

kecepatan potong yang optimal dan apabila harga t^{*}_{CT} berada di antara harga $t^{(t)}$ dan $t^{(e)}$ maka digunakan *aturan 2* untuk menentukan harga kecepatan potong yang optimal.

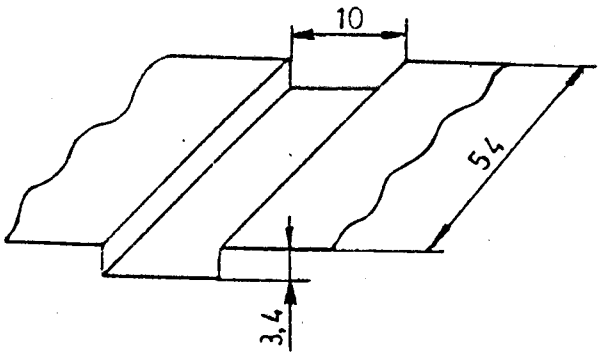
BAB III

ANALISA PROSES PEMESINAN

3.1 Urutan Proses Pemesinan

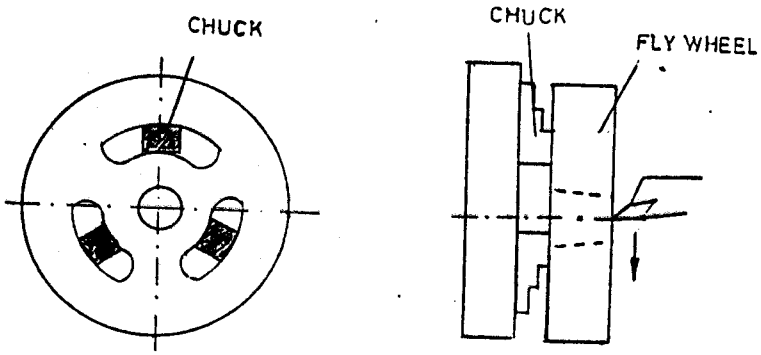


Gambar 3.1 Gambar Sket Fly Wheel Hasil Pengecoran



Gambar 3.2 Gambar Sket Alur Pasak

3.1.1 Proses 1 (Facing)

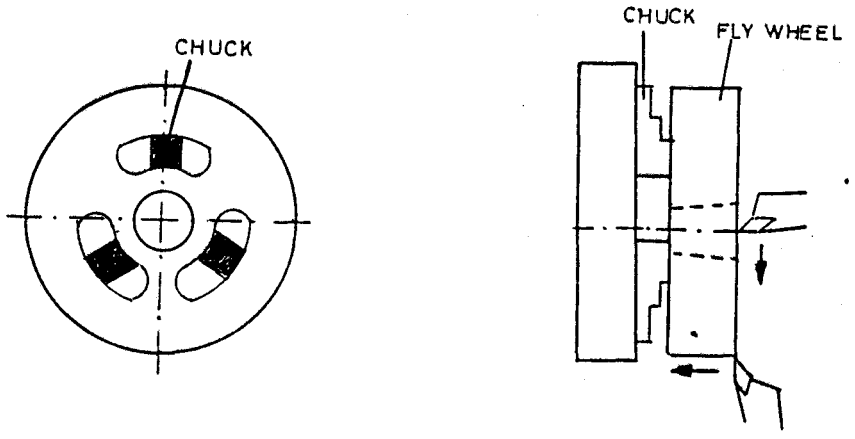


Gambar 3.3 Proses 1 (Facing Bagian 1)

Mesin yang digunakan adalah mesin bubut universal. Fly wheel dicekam oleh chuck (three jaw chuck) pada 3 bagian lubang yang terdapat pada fly wheel. Kemudian

dilakukan proses facing dengan menggunakan 1 pahat. Proses ini merupakan proses finishing untuk menghaluskan permukaan.

3.1.2 Proses 2 (Facing Dan Bubut Silindris)



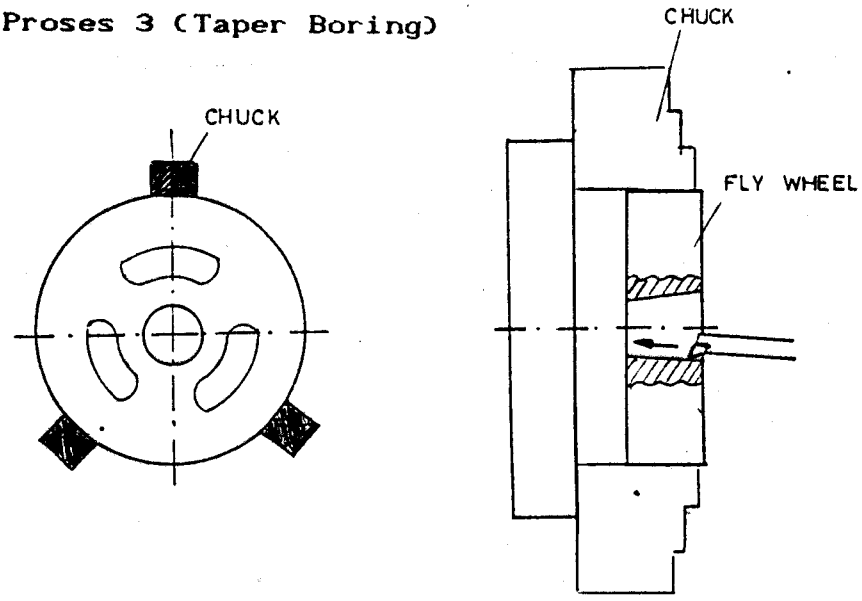
Gambar 3.4 Proses 2

(Facing Bagian 2 Dan Bubut Silindris Bagian 3)

Setelah melakukan proses 1, fly wheel dipindah ke mesin 2. Mesin yang digunakan adalah mesin bubut universal dengan three jaw chuck. Fly wheel dibalik posisinya untuk mengerjakan bagian 2 dan dicekam dengan keadaan yang sama dengan proses 1. Kemudian dilakukan proses Facing bagian 2, setelah itu dilakukan proses bubut silindris bagian 3. Dalam hal ini digunakan 2 pahat yaitu untuk facing dan

bubut silindris. Proses ini merupakan proses finishing untuk menghaluskan permukaan.

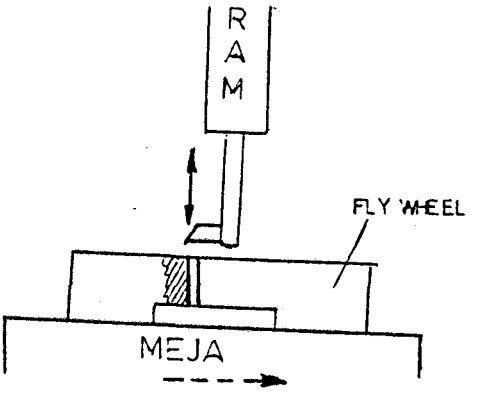
3.1.3 Proses 3 (Taper Boring)



Gambar 3.5 Proses 3 (Taper Boring Bagian 4)

Setelah proses 2 selesai, fly wheel dipindah ke mesin 3. Mesin yang digunakan adalah mesin bubut universal dengan three jaw chuck. Posisi Fly wheel sama seperti pada proses 2, tetapi dicekam pada bagian tepi dari fly wheel. Kemudian dilakukan proses boring bentuk tirus dengan menggunakan 1 pahat. Proses ini merupakan proses finishing untuk menghaluskan permukaan.

3.1.4 Proses 4 (Sloting)



Gambar 3.6 Proses 4 (Sloting Bagian 5)

Setelah proses 3 selesai, fly wheel dipindahkan ke mesin 4. Mesin yang digunakan adalah mesin slotter vertikal. Fly wheel diletakkan di atas meja dan pahat dipegang oleh tool holder. Kemudian dilakukan proses sloting. Proses ini merupakan proses untuk pembuatan alur pasak dengan menggunakan 1 pahat.

3.2 Data-data

Benda kerja : besi tuang kelabu (217 HB).

Jumlah produk : 100 fly wheel.

Sudut potong utama (k_r) : 90°, untuk semua proses.

Proses 1: pahat karbida sisipan (K 01); 1 pahat

VB = 0.5 mm.	n_1 = 0.23.
m = 0.45.	D = 450 mm.
f = 0.135 mm/r.	k_{m1} = Rp 582,-/min.
p = 0.19.	k_{t1} = Rp 5395,-/pahat.
a = 1 mm.	k_{d1} = Rp 8,-/min.
q = 0.1.	k_{i1} = Rp 8,-/min.
C_{TVB} = 180 m/min.	l_1 = lihat gb. 3.1.

Proses 2: pahat karbida sisipan K 01; 2 pahat

VB = 0.5 mm.	n_2 = 0.23.
m = 0.45.	D = 450 mm.
f = 0.135 mm/r.	k_{m2} = Rp 582,-/min.
p = 0.19.	k_{t2} = Rp 5395,-/pahat.
a = 1 mm	k_{d2} = Rp 8,-/min.
q = 0.1.	k_{i2} = Rp 8,-/min.
C_{TVB} = 180 m/min.	l_2 = lihat gb. 3.1.

Proses 3: pahat karbida sisipan K 01; 1 pahat

VB = 0.5 mm	n_3 = 0.23.

m = 0.45.	R_1 = 20 mm.
f = 0.135 mm/r.	R_2 = 29 mm.
p = 0.19	k_{m3} = Rp 582,-/min.
a = 1 mm.	k_{t3} = Rp 5395,-/pahat.
q = 0.1.	k_{d3} = Rp 8,-/min.
C_{TVB} = 180 m/min.	k_{i3} = Rp 8,-/min.
	l_3 = 54 mm.

Proses 4: pahat karbida

VB = 0.6 mm.	n_4 = 0.23.
m = 0.4.	l_4 = 54 mm.
f = 0.2 mm/r.	k_{m4} = Rp 110,-/min.
p = 0.19.	k_{t4} = Rp 3720,-/pahat
b = 10 mm.	k_{d4} = Rp 8,-/min.
q = 0.05.	k_{i4} = Rp 8,-/min.
C_{TVB} = 180 m/min	w_4 = 3.4 mm.

Waktu penggantian pahat untuk tiap proses t_c (min/pahat): 0.5 min/pahat.

Data waktu non produktif t_p sebagai berikut:

proses	t_{LW}	t_{AT}	t_{RT}	t_{UW}	t_p (min/pc)
1	20	5x6 = 30	3	10	2.25
2	20	5x5+5= 30	3x2 = 6	10	2.3
3	20	5	8	10	1.92
4	25	6	3	10	1.93

$$t_P = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + \frac{t_s}{n_l} \quad ; \text{ min/pc.}$$

dimana:

t_{LW} = waktu pemasangan benda kerja; min/pc

t_{AT} = waktu untuk menggerakkan pahat dari posisi mula sampai ke posisi siap untuk memotong; min/pc.

t_{RT} = waktu untuk menggerakkan pahat kembali ke posisi mula; min/pc.

t_{UW} = waktu pengambilan benda kerja; min/pc.

t_s = waktu penyiapan mesin = 120 menit.

n_l = jumlah produk = 100 pc.

3.3 Perhitungan

3.3.1 Berdasarkan Kriteria Laju Produksi Maksimal

3.3.1.1 Menentukan Konstanta C_T

Dengan persamaan (2.1), maka dapat ditentukan:

Proses 1, 2, 3:

$$C_1 = C_2 = C_3 = \frac{180 \times (0.5)^{0.45}}{(0.135)^{0.19} \times 1^{0.1}} = 193 \text{ m/min.}$$

Proses 4:

$$C_4 = \frac{180 \times (0.6)^{0.4}}{(0.2)^{0.19} \times 10^{0.05}} = 180 \text{ m/min.}$$

3.3.1.2. Menentukan Kecepatan Potong Sesuai Kriteria

Dari persamaan (2.33), maka didapatkan:

Proses 1: $v_1^{(t)} = 171$ m/min.

Proses 2: $v_2^{(t)} = 146$ m/min.

Proses 3: $v_3^{(t)} = 171$ m/min.

Proses 4: $v_4^{(t)} = 160$ m/min.

Kemudian dicari harga λ dari tiap stage:

Proses 1:

Dari persamaan (2.18) didapat:

$$N_1 = \frac{1000\ v_1}{\pi D} = \frac{1000 \times 171}{3.14 \times 450} = 121 \text{ rpm.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m1} = \frac{30 + 20 + 20 + 22 + 28 + 20}{121 \times 0,135} = 8.57 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_1 = t_{m1} \times v_1 = 8.57 \times 171 = 1465 \text{ mm.}$$

Proses 2:

Dari persamaan (2.18), didapat:

$$N_2 = \frac{1000\ v_2}{\pi D} = \frac{1000 \times 146}{3.14 \times 450} = 103 \text{ rpm.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m2} = \frac{66 + 30 + 12 + 20 + 22}{103 \times 0.135} = 10.79 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_2 = t_{m2} \times v_2 = 10.79 \times 146 = 1575 \text{ mm.}$$

Proses 3:

Data proses: R_1 = 20 mm; R_2 = 29 mm.

l = 54 mm.

Dari persamaan Taylor, didapat umur pahat:

$$T = \left(\frac{C_{T3}}{v_3} \right)^{1/n_3} = \left(\frac{193}{171} \right)^{1/0.23} = 1.69 \text{ min.}$$

Dari persamaan (2.11), didapat:

$$171 = \frac{\pi N \left[20 + (29 - 20) \frac{0.135N}{54} \quad 1.69 \right]}{500}$$

$$\Rightarrow \quad 0.1195\ N^2 + 62.8319\ N - 85500 = 0$$

dengan penyelesaian persamaan kuadrat, didapat:

N = 623 rpm.

Dari persamaan (2.5), didapat:

$$t_{m3} = \frac{54}{149 \times 0.135} = 0.64 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_3 = t_{m3} \times v_3 = 0.64 \times 171 = 109 \text{ mm.}$$

Proses 4:

Dari persamaan (2.12) dan persamaan (2.14), didapat:

$$\lambda_4 = t_{m4} \times v_4$$

$$= \frac{w_4}{f\ N_s} \times \frac{2\ l_t\ N_s}{1000\ R_s}$$

$$\lambda_4 = \frac{2\ w_4\ l_t}{1000\ f\ R_s} = \frac{2 \times 3.4 \times 54 \times 9}{1000 \times 0.2 \times 5} = 3 \text{ mm.}$$

Dari perhitungan-perhitungan di atas dan dengan persamaan (2.19) maka dapat diketahui:

Proses 1: $t_1 = 2.25 + 8.57 + 2.53 = 13.35$ min.

Proses 2: $t_2 = 2.30 + 10.79 + 3.21 = 16.30$ min.

Proses 3: $t_3 = 1.92 + 0.64 + 0.19 = 2.75$ min.

Proses 4: $t_4 = 1.93 + 0.02 + 0.00 = 1.95$ min.

Jadi proses 2 adalah <u>bottleneck stage</u> dengan cycle time 16.30 min dan kecepatan potong 146 m/min.

3.3.1.3 Menentukan Kecepatan Potong Optimal Tiap Mesin

Dengan berdasarkan kecepatan potong pada bottleneck stage maka kecepatan potong tiap stage dapat ditentukan dengan persamaan (2.34) atau (2.35), sebagai berikut:

Proses 1:

Dengan persamaan (2.34), didapat:

$v_1^{(c)}$ = 87.6 m/min, dan dari persamaan (2.19)

$t_1^{(c)}$ = 19.24 min.

Sehingga: $t_1^{(t)} < t_{CT}^{*} < t_1^{(c)}$, jadi kecepatan potong di mesin 1 didapat dengan persamaan (2.35):

$v_1^{*} = v_1^{(e)}$ = <u>109 m/min.</u>

Proses 2: kecepatan potong di mesin 2

$v_2^{*} = v_{CT}^{*}$ = <u>146 m/min.</u>

Proses 3:

Dengan persamaan (2.34), didapat:

$v_3^{(c)}$ = 87.6 m/min, dan dari persamaan (2.19)

$t_3^{(c)}$ = 3.18 min.

Sehingga: $t_3^{(t)} < t_3^{(c)} < t_{CT}^{*}$, jadi kecepatan potong di mesin 3 didapat dengan persamaan (2.34):

$v_3^{*} = v_3^{(c)}$ = <u>87.6 m/min.</u>

Proses 4:

Dengan persamaan (2.34), didapat:

$v_4^{(c)}$ = 60.7 m/min, dan dari persamaan (2.19)

$t_4^{(c)}$ = 1.98 min.

Sehingga: $t_4^{(t)} < t_4^{(c)} < t_{CT}^{*}$, jadi kecepatan potong di mesin 4 didapat dengan persamaan (2.34):

$v_4^{*} = v_4^{(c)}$ = <u>60.7 m/min.</u>

3.3.1.4 Menentukan Biaya Produksi Total

Dengan persamaan (2.24), didapat:

Biaya total/produk (u) = $m_C + \sum_{J=1}^{4} u_J$

= 69000 + 39434

= <u>Rp 108434,-/pc.</u>

Jadi biaya total produksi:

100 x Rp 108434,- = Rp <u>10843400,-</u>

3.3.1.5 Menentukan Keuntungan Total

Dengan menggunakan persamaan (2.22), maka:

Laju produksi (q) = $\frac{1}{16.30}$ = 0.061 pc/min.

Dari persamaan (2.26), didapat:

Keuntungan per unit (g) = $r_u - u$

= 175000 - 108434

= Rp 66566,-/pc.

Sehingga dari persamaan (2.27), didapat:

Laju keuntungan (p) = g x q

= 66566x0.061

= Rp 4061,-/min.

Jadi keuntungan total produksi:

100 x Rp 66566,- = Rp 6656600,-.

3.3.2 Berdasarkan Kriteria Biaya Produksi Minimal

3.3.2.1 Menentukan Konstanta C_T

Harga C_T sama dengan harga C_T yang berdasarkan kriteria laju produksi maksimal, yaitu:

$C_1 = C_2 = C_3$ = 193 m/min.

C_4 = 180 m/min.

3.3.2.2 Menentukan Kecepatan Potong Sesuai Kriteria

Dengan persamaan (2.32) atau (2.30), didapat:

Proses 1: $v_1^{(c)}$ = 87.6 m/min.

Proses 2: $v_2^{(c)}$ = 89.5 m/min.

Proses 3: $v_3^{(c)}$ = 87.6 m/min.

Proses 4: $v_4^{(c)} = 60.7$ m/min.

Kemudian dicari harga λ dari tiap stage:

Proses 1:

Dari persamaan (2.18) didapat:

$$N_1 = \frac{1000\ v_1}{\pi D} = \frac{1000 \times 87.6}{3.14 \times 450} = 62 \text{ rpm.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m1} = \frac{30 + 20 + 20 + 22 + 28 + 20}{62 \times 0.135} = 16.72 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_1 = t_{m1} \times v_1 = 16.72 \times 87.6 = 1465 \text{ mm.}$$

Proses 2:

Dari persamaan (2.18), didapat:

$$N_2 = \frac{1000\ v_2}{\pi D} = \frac{1000 \times 89.5}{3.14 \times 450} = 63 \text{ rpm.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m2} = \frac{66 + 30 + 12 + 20 + 22}{63 \times 0.135} = 17.59 \text{ min}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_2 = t_{m2} \times v_2 = 17.59 \times 89.5 = 1575 \text{ mm.}$$

Proses 3:

Dari persamaan Taylor, didapat umur pahat:

$$T = \left(\frac{C_{T3}}{v_3} \right)^{1/n3} = \left(\frac{193}{87.6} \right)^{1/0.23} = 31 \text{ min.}$$

Dari persamaan (2.11), didapat:

$$87.6 = \frac{\pi N \left[20 + (29 - 20) \dfrac{0.135N}{54} \quad 31 \right]}{500}$$

$$\Rightarrow \quad 2.1913\ N^2 + 62.8319\ N - 43800 = 0$$

dengan penyelesaian persamaan kuadrat, didapat:

$$N = 128 \text{ rpm.}$$

Dari persamaan (2.5), didapat:

$$t_{m3} = \frac{54}{128 \times 0.135} = 3.13 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_3 = t_{m3} \times v_3 = 3.13 \times 87.6 = 274 \text{ mm.}$$

Proses 4:

Dari persamaan (2.12) dan persamaan (2.14), didapat:

$$\lambda_4 = 3 \text{ mm.}$$

Dari perhitungan-perhitungan di atas dan dengan persamaan (2.19) maka dapat diketahui:

Proses 1: t_1 = 2.25 + 16.72 + 0.27 = 19.24 min.

Proses 2: t_2 = 2.30 + 17.59 + 0.62 = 20.51 min.

Proses 3: t_3 = 1.92 + 3.13 + 0.05 = 5.1 min.

Proses 4: t_4 = 1.93 + 0.05 + 0.00 = 1.98 min.

Jadi proses 2 adalah bottleneck stage dengan cycle time 20.51 min dan kecepatan potong 89.5 m/min.

3.3.2.3 Menentukan Kecepatan Potong Optimal Tiap Mesin

Dengan berdasarkan kecepatan potong pada bottleneck stage maka kecepatan potong tiap mesin dapat ditentukan sebagai berikut:

Proses 1:

Dengan adanya selisih waktu antara mesin 1 dan mesin 2 sebesar 1.27 min, maka akan terjadi sistem antrian. Untuk itu maka hal ini perlu dihilangkan sebagai langkah untuk mengoptimalkan sistem multistage tersebut. Maka kecepatan potong di mesin 1 didapat dengan menggunakan persamaan (2.35):

$$v_1^* = v_1^{(e)} = \underline{81.2 \text{ m/min.}}$$

Proses 2: kecepatan potong di mesin 2

$$v_2^* = v_{CT}^* = \underline{89.5 \text{ m/min.}}$$

Proses 3:

Karena pada mesin 3 tidak terjadi sistem antrian, maka kecepatan potong di mesin 3 ditentukan berdasarkan kriteria yang digunakan.

$$v_3^* = v_3^{(c)} = \underline{87.6 \text{ m/min.}}$$

Proses 4:

Karena pada mesin 4 juga tidak terjadi sistem antrian, maka kecepatan potong di mesin 4 ditentukan berdasarkan kriteria yang digunakan.

$$v_4^* = v_4^{(c)} = \underline{60.7 \text{ m/min.}}$$

3.3.2.4 Menentukan Biaya Produksi Total

Dengan persaamaan (2.24), didapat:

$$\text{Biaya total/produk } (u) = m_c + \sum_{J=1}^{4} u_J$$

$$= 69000 + 29868$$

$$= \underline{\text{Rp } 98868,-/\text{pc.}}$$

Jadi biaya total produksi:

$$100 \times \text{Rp } 98868,- = \underline{\text{Rp } 9886800,-}$$

3.3.2.5 Menentukan Keuntungan Total

Dengan menggunakan persamaan (2.22), maka:

$$\text{Laju produksi } (q) = \frac{1}{20.51} = 0.048 \text{ pc/min.}$$

Dari persamaan (2.26), didapat:

$$\text{Keuntungan per unit } (g) = r_u - u$$
$$= 175000 - 98868$$
$$= \underline{\text{Rp 76132,-/pc.}}$$

Sehingga dari persamaan (2.27), didapat:

$$\text{Laju keuntungan } (p) = g \times q$$
$$= 76132 \times 0.048$$
$$= \underline{\text{Rp 3654,-/min.}}$$

3.3.3 Berdasarkan Kriteria Laju Keuntungan Maksimal

3.3.3.1 Menentukan Konstanta C_T

Harga C_T sama dengan harga C_T yang berdasarkan kriteria laju produksi yang maksimal, yaitu:

$C_1 = C_2 = C_3 = 193$ m/min.

$C_4 = 180$ m/min.

3.3.3.2 Menentukan Kecepatan Potong Sesuai Kriteria

Dengan persamaan (2.31) atau (2.32), didapat:

Proses 1: $v_1^{(p)} = 87.6$ m/min.

Proses 2: $v_2^{(p)} = 122$ m/min.

Proses 3: $v_3^{(p)} = 87.6$ m/min.

Proses 4: $v_4^{(p)} = 60.7$ m/min.

Kemudian dicari harga λ dari tiap stage:

Proses 1:

Dari persamaan (2.18), didapat:

$$N_1 = \frac{1000\ v_1}{\pi D} = \frac{1000 \times 87.6}{3.14 \times 450} = 62 \text{ rpm.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m1} = \frac{30 + 20 + 20 + 22 + 28 + 20}{62 \times 0.135} = 16.72 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_1 = t_{m1} \times v_1 = 16.72 \times 87.6 = 1465 \text{ mm.}$$

Proses 2:

Dari persamaan (2.18), didapat:

$$N_2 = \frac{1000\ v_2}{\pi D} = \frac{1000 \times 122}{3.14 \times 450} = 86 \text{ rpm.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m2} = \frac{66 + 30 + 12 + 20 + 22}{86 \times 0.135} = 12.90 \text{ min}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_2 = t_{m2} \times v_2 = 12.90 \times 122 = 1575 \text{ mm.}$$

Proses 3:

Dari persamaan Taylor, didapat umur pahat:

$$T = \left(\frac{C_{T3}}{v_3} \right)^{1/n3} = \left(\frac{193}{87.6} \right)^{1/0.23} = 31 \text{ min.}$$

Dari persamaan (2.11), didapat:

$$87.6 = \frac{\pi N \left[20 + (29 - 20) \dfrac{0.135N}{54} \quad 31 \right]}{500}$$

$$\Rightarrow \quad 2.1913\ N^2 + 62.8319\ N - 43800 = 0$$

dengan penyelesaian persamaan kuadrat, didapat:

$$N = 128 \text{ rpm.}$$

Dari persamaan (2.5), didapat:

$$t_{m3} = \frac{54}{128 \times 0.135} = 3.13 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_3 = t_{m3} \times v_3 = 3.13 \times 87.6 = 274 \text{ mm.}$$

Proses 4:

Dari persamaan (2.12) dan persamaan (2.14), didapat:

$$\lambda_4 = 3 \text{ mm.}$$

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

Dari perhitungan-perhitungan di atas dan dengan persamaan (2.19) maka dapat diketahui:

Proses 1: t_1 = 2.25 + 16.72 + 0.27 = 19.24 min.

Proses 2: t_2 = 2.30 + 17.59 + 0.62 = 20.51 min.

Proses 3: t_3 = 1.92 + 3.13 + 0.05 = 5.1 min.

Proses 4: t_4 = 1.93 + 0.05 + 0.00 = 1.98 min.

Jadi proses 2 adalah bottleneck stage dengan cycle time 20.51 min dan kecepatan potong 89.5 m/min.

3.3.2.3 Menentukan Kecepatan Potong Optimal Tiap Mesin

Dengan berdasarkan kecepatan potong pada bottleneck stage maka kecepatan potong tiap mesin dapat ditentukan sebagai berikut:

Proses 1:

Untuk membuat agar sistem multistage menjadi lebih optimal, maka kecepatan potong didapat dengan persamaan (2.35) :

$$v_1^* = v_2^{(o)} = \underline{102 \text{ m/min.}}$$

Proses 2: kecepatan potong di mmesin 2

$$v_2^* = v_{CT}^* = \underline{122 \text{ m/min.}}$$

Proses 3:

Karena pada mesin 3 tidak terjadi sistem antrian, maka

kecepatan potong di mesin 3 ditentukan berdasarkan kriteria yang digunakan.

$$v_3^* = v_3^{(c)} = \underline{87.6 \text{ m/min.}}$$

Proses 4:

Karena pada mesin 4 juga tidak terjadi sistem antrian, maka kecepatan potong di mesin 4 ditentukan berdasarkan kriteria yang digunakan.

$$v_4^* = v_4^{(c)} = \underline{60.7 \text{ m/min.}}$$

3.3.3.4 Menentukan Biaya Produksi Total

Dengan persaamaan (2.24), didapat:

$$\text{Biaya total/produk (u)} = m_c + \sum_{J=1}^{4} u_J$$

$$= 69000 + 33645$$

$$= \underline{\text{Rp } 102645,-/\text{pc.}}$$

Jadi biaya total produksi:

$$100 \times \text{Rp } 102645,- = \underline{\text{Rp } 10264500,-}$$

3.3.3.5 Menentukan Keuntungan Total

Dengan menggunakan persamaan (2.22), maka:

$$\text{Laju produksi (q)} = \frac{1}{16.97} = 0.059 \text{ pc/min.}$$

Dari persamaan (2.26), didapat:

Keuntungan per unit (g) = $r_u - u$

= 175000 - 102645

= Rp 72355,-/pc.

Sehingga dari persamaan (2.27), didapat:

Laju keuntungan (p) = g x q

= 72355 x 0.059

= Rp 4268,-/min.

3.4 Hasil Analisa

Hasil analisa kecepatan potong dan waktu proses sistem multistage berdasarkan kriteria yang digunakan dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Hasil Analisa Kecepatan Potong Dan Waktu Proses Optimal Sistem Multistage

	Proses 1	*Proses 2*	*Proses 3*	*Proses 4*
Kriteria 1: v optimal (m/min) t optimal (min)	109 16.30	146 16.30	87.6 5.10	60.7 1.98
Kriteria 2: v optimal (m/min) t optimal (min)	81.2 20.51	89.5 20.51	87.6 5.10	60.7 1.98
Kriteria 3: v optimal (m/min) t optimal (min)	102 16.97	122 16.97	87.6 5.10	60.7 1.98

Hasil analisa biaya produksi dan laju keuntungan sistem multistage berdasarkan kriteria yang digunakan dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.2 Hasil Analisa Laju Produksi, Biaya Produksi Dan Laju Keuntungan Sistem Multistage

	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3
Laju Produksi (q) (pc/min)	0.061	0.048	0.059
Biaya Produksi (u) (Rp/min)	108434	98868	102645
Laju Keuntungan (p) (Rp/min)	4061	3654	4268

Setelah dilakukan analisa dengan menggunakan 3 macam kriteria, maka:

1. Apabila diinginkan suatu sistem manufakturing yang mempunyai laju produksi maksimal, maka digunakan harga-harga kecepatan potong berdasarkan kriteria laju produksi maksimal (kriteria 1). Laju produksi yang dihasilkan sebesar: 0.061 pc/menit.

2. Apabila diinginkan suatu sistem manufakturing yang membutuhkan biaya produksi serendah mungkin, maka digunakan harga-harga kecepatan potong berdasarkan kriteria biaya produksi minimal (kriteria 2). Biaya total per produk yang dibutuhkan sebesar: Rp 98868,-.

3. Apabila diinginkan suatu sistem manufakturing yang mempunyai laju keuntungan maksimal, maka digunakan harga-harga kecepatan potong berdasarkan laju keuntungan maksimal (kriteria 3). Laju keuntungan yang dihasilkan sebesar: Rp 4268,-/menit.

Keterangan :

Kriteria 1 : Kriteria Laju Produksi Maksimal.

Kriteria 2 : Kriteria Biaya Produksi Minimal.

Kriteria 3 : Kriteria Laju Keuntungan Maksimal.

BAB IV

APLIKASI HASIL ANALISA

4.1 DATA-DATA MESIN

Proses 1: Mesin Bubut Universal

Merk : Moriseki.

Harga Ns : 27, 50, 65, 90, 125, 145, 220, 280, 355, 495, 685, 1205 rpm.

Proses 2: Mesin Bubut Universal

Merk : Moriseki.

Harga Ns : 27, 50, 65, 90, 125, 145, 220, 280, 355, 495, 685, 1205 rpm.

Proses 3: Mesin Bubut Universal

Merk : Moriseki.

Harga Ns : 27, 50, 65, 90, 125, 145, 220, 280, 355, 495, 685, 1205 rpm.

Proses 4: Mesin Slotter Vertikal

Merk : Yamage, Fukui-Japan.

Tipe : M.Y - 200 D.

Harga Ns : 18, 22, 29, 35, 47, 56, 76, 91 rpm.

4.2 SISTEM MULTISTAGE SEBELUM ANALISA

4.2.1 Kecepatan Potong Tiap Mesin/Proses

Proses 1: N_s = 125 rpm.

Dari persamaan (2.18) didapat:

$$v_1 = \frac{\pi D N_s}{1000} = \frac{3.14 \times 450 \times 125}{1000} = 177 \text{ m/min.}$$

Dari persamaan (2.10) didapat:

$$t_{m1} = \frac{22 + 28 + 20 + 20 + 20 + 30}{125 \times 0.135} = 8.28 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_1 = t_{m1} \times v_1 = 8.28 \times 177 = 1465 \text{ mm.}$$

Proses 2: N_s = 145 rpm.

Dari persamaan (2.18), didapat:

$$v_2 = \frac{\pi D N_s}{1000} = \frac{3.14 \times 450 \times 145}{1000} = 205 \text{ m/min.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m2} = \frac{20 + 22 + 12 + 30 + 66}{145 \times 0.135} = 7.68 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_2 = t_{m2} \times v_2 = 7.68 \times 205 = 1575 \text{ mm.}$$

Proses 3: N_s = 355 rpm.

Dari persamaan (2.11), didapat:

$$v_3 = \frac{3.14 \times 355 \left[20 + (29 - 20) \frac{0.135 \times 355}{54} \left(\frac{193}{v_2} \right)^{1/0.29} \right]}{500}$$

=> v_3 = 50 m/min.

Dari persamaan (2.5), didapat:

$$t_{m3} = \frac{54}{355 \times 0.135} = 1.13 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_3 = t_{m3} \times v_3 = 1.13 \times 50 = 57 \text{ mm.}$$

Proses 4: N_s = 56 rpm.

Dari persamaan (2.12), didapat:

$$v_4 = \frac{2\ l_t\ N_s}{1000\ R_s} = \frac{2 \times 54 \times 56 \times 9}{1000 \times 5} = 11 \text{ m/min.}$$

Dari persamaan (2.14), didapat:

$$t_{m4} = \frac{w_4}{f\ N_s} = \frac{3.4}{0.2 \times 56} = 0.30 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_4 = t_{m4} \times v_4 = 11 \times 0.30 = 3 \text{ mm.}$$

Dari perhitungan-perhitungan di atas dan dengan persamaan (2.19) maka dapat diketahui:

Proses 1: t_1 = 2.25 + 8.28 + 2.84 = 13.37 min.

Proses 2: t_2 = 2.30 + 7.68 + 9.99 = 19.97 min.

Proses 3: t_3 = 1.92 + 1.13 + 0.00 = 3.05 min.

Proses 4: t_4 = 1.93 + 0.30 + 0.00 = 2.23 min.

Jadi proses 2 adalah bottleneck stage dengan cycle time 19.97 min dan kecepatan potong 205 m/min dan pada proses 2 juga terdapat suatu sistem antrian.

4.2.2 Menentukan Biaya Produksi Total

Dengan persamaan (2.24), didapat:

$$\text{Biaya total/produk (u)} = m_c + \sum_{J=1}^{4} u_J$$

$$= 69000 + 95807$$

$$= \text{Rp } 164807,-/\text{pc.}$$

Jadi biaya total produksi:

100 x 164807 = Rp 16480700,-

4.2.3 Menentukan Keuntungan Total

Dengan menggunakann persamaan (2.22), maka:

$$\text{Laju produksi (q)} = \frac{1}{19.97} = 0.050 \text{ pc/min.}$$

Dari persamaan (2.26), didapat:

Keuntungan per unit (g) = r_u - u

= 175000 - 164807

= Rp 10193,-/pc.

Jadi keuntungan total produksi:

100 x 10193 = Rp 1019300,-

Sehingga dari persamaan (2.27), didapat:

Laju keuntungan (p) = g x p

= 10193 x 0.050

= Rp 510,-/min.

4.3 SISTEM MULTISTAGE SETELAH ANALISA

4.3.1 Kecepatan Potong Tiap Mesin/Proses

Proses 1:

Kecepatan potong (v_1):

Kriteria 1 : 109 m/min.

Kriteria 2 : 81.2 m/min.

Kriteria 3 : 102 m/min.

Dengan persamaan (2.18), didapat Ns:

Kriteria 1 : 77 rpm.

Kriteria 2 : 57 rpm.

Kriteria 3 : 72 rpm.

Maka dari ketiga harga Ns tersebut, untuk mesin/proses 1

digunakan N_s = 65 rpm (sesuai dengan kondisi mesin).

Dan dari persamaan (2.18), didapat:

$$v_1 = \frac{3.14 \times 450 \times 65}{1000} = 91 \text{ m/min.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m1} = \frac{22 + 28 + 20 + 20 + 20 + 30}{65 \times 0.135} = 16.10 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_1 = t_{m1} \times v_1 = 16.10 \times 91 = 1465 \text{ mm.}$$

Proses 2:

Kecepatan potong (v_2):

Kriteria 1 : 146 m/min.

Kriteria 2 : 81.2 m/min.

Kriteria 3 : 122 m/min.

Dengan persamaan (2.18), didapat N_s:

Kriteria 1 : 103 rpm.

Kriteria 2 : 63 rpm.

Kriteria 3 : 86 rpm.

Maka dari ketiga harga N_s tersebut, untuk mesin/proses 2 digunakan N_s = 90 rpm (sesuai dengan kondisi mesin).

Dan dari persamaan (2.18), didapat:

$$v_2 = \frac{3.14 \times 450 \times 90}{1000} = 127 \text{ m/min.}$$

Dari persamaan (2.10), didapat:

$$t_{m2} = \frac{20 + 22 + 12 + 30 + 66}{90 \times 0.135} = 12.40 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_1 = t_{m1} \times v_1 = 12.40 \times 127 = 1575 \text{ mm.}$$

Proses 3:

Kecepatan potong (v_3):

Kriteria 1 : 87.6 m/min.

Kriteria 2 : 87.6 m/min.

Kriteria 3 : 87.6 m/min.

Dengan persamaan (2.11), didapat N_s:

Kriteria 1 : 128 rpm.

Kriteria 2 : 128 rpm.

Kriteria 3 : 128 rpm.

Maka dari ketiga harga N_s tersebut, untuk mesin/proses 3 digunakan N_s = 125 rpm (sesuai dengan kondisi mesin).

Dari persamaan (2.11), didapat:

$$v_3 = \frac{3.14 \times 125 \left[20 + (29 - 20) \frac{0.135 \times 125}{54} \left(\frac{193}{v_2} \right)^{1/0.23} \right]}{500}$$

=> v_3 = 87.6 m/min.

Dari persamaan (2.5), didapat:

$$t_{m3} = \frac{54}{125 \times 0.135} = 3.20 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_3 = t_{m3} \times v_3 = 3.20 \times 87.6 = 280 \text{ mm.}$$

Proses 4:

Kecepatan potong (v_4):

Kriteria 1 : 60.7 m/min.

Kriteria 2 : 60.7 m/min.

Kriteria 3 : 60.7 m/min.

Dengan persamaan (2.12), didapat N_s:

Kriteria 1 : 312 rpm.

Kriteria 2 : 312 rpm.

Kriteria 3 : 312 rpm.

Maka dari ketiga harga N_s tersebut, untuk mesin/proses 4 digunakan N_s = 91 rpm (sesuai dengan kondisi mesin).

Dari persamaan (2.12), didapat:

$$v_4 = \frac{2\ l_t\ N_s}{1000\ R_s} = \frac{2 \times 54 \times 91 \times 9}{1000 \times 5} = 17.7 \text{ m/min.}$$

Dari persamaan (2.14), didapat:

$$t_{m4} = \frac{w_4}{f\ N_s} = \frac{3.4}{0.2 \times 91} = 0.19 \text{ min.}$$

Maka dengan persamaan (2.16), didapat:

$$\lambda_4 = t_{m4} \times v_4 = 17.7 \times 0.19 = 3 \text{ mm.}$$

Dari perhitungan-perhitungan di atas dan dengan persamaan (2.19) maka dapat diketahui:

Proses 1: $t_1 = 2.25 + 16.10 + 0.31 = 18.66$ min.

Proses 2: $t_2 = 2.30 + 12.40 + 2.01 = 16.71$ min.

Proses 3: $t_3 = 1.92 + 3.20 + 0.05 = 5.17$ min.

Proses 4: $t_4 = 1.93 + 0.19 + 0.00 = 2.12$ min.

Jadi proses 1 adalah <u>bottleneck stage</u> dengan cycle time 18.66 min dan kecepatan potong 91 m/min, tetapi pada proses 2 sistem antrian sudah tidak ada..

4.3.2 Menentukan Biaya Produksi Total

Dengan persamaan (2.24), didapat:

$$\text{Biaya total/produk (u)} = m_c + \sum_{J=1}^{4} u_J$$

$$= 69000 + 34241$$

$$= \underline{\text{Rp 103241,-/pc.}}$$

Jadi biaya total produksi:

100 x 103241 = Rp 10324100,-

4.3.3 Menentukan Keuntungan Total

Dengan menggunakann persamaan (2.22), maka:

$$\text{Laju produksi (q)} = \frac{1}{18.66} = 0.054 \text{ pc/min.}$$

Dari persamaan (2.26), didapat:

$$\text{Keuntungan per unit (g)} = r_u - u$$

$$= 175000 - 103241$$

$$= \text{Rp } 71759,-/\text{pc.}$$

Jadi keuntungan total produksi:

100 x 71759 = Rp 7175900,-

Sehingga dari persamaan (2.27), didapat:

$$\text{Laju keuntungan (p)} = g \times p$$

$$= 71759 \times 0.054$$

$$= \text{Rp } 3803-/\text{min.}$$

4.4 HASIL APLIKASI

Data-data sistem multistage proses pembuatan fly wheel sebelum analisa dan setelah analisa (aplikasi optimasi sistem multistage) dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 5.1 Data-data Sistem Multistage Sebelum Dan Sesudah Analisa

	Sebelum Analisa	Setelah Analisa
v (m/min):		
Proses 1	177	91
Proses 2	205	127
Proses 3	50	87.6
Proses 4	11	17.7
t^*_{CT} (min)	19.97	18.66
q (pc/min)	0.050	0.054
u (Rp/pc)	164807	103241
g (Rp/pc)	10193	71759
p (Rp/min)	510	3803

BAB V

KESIMPULAN

Setelah dilakukan aplikasi optimasi sistem muultistage pada proses pembuatan fly wheel, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Sistem antrian yang ada pada proses/mesin 2 dapat dihilangkan.
2. Laju produksi dapat dinaikkan yaitu dari 0.050 pc/menit menjadi 0.054 pc/menit.
3. Biaya produksi dapat diturunkan dari Rp 164807,-/pc menjadi Rp 103241,-/pc.
4 Laju keuntungan dapat dinaikkan dari Rp 510,-/menit menjadi Rp 3803,-/menit.

LAMPIRAN

Tabel L-1 Harga Batas Keausan Kritis

pahat	benda kerja	VB* (mm)	K**
HSS	baja & besi tuang	0.3 s.d.0.8	-
Karbida	baja	0.2 s.d.0.6	0.3
Karbida	besi tuang & non ferrous	0.4 s.d.0.6	0.3
Keramik	baja & besi tuang	0.3	-

Tabel L-2 Harga Rata-rata Pangkat p

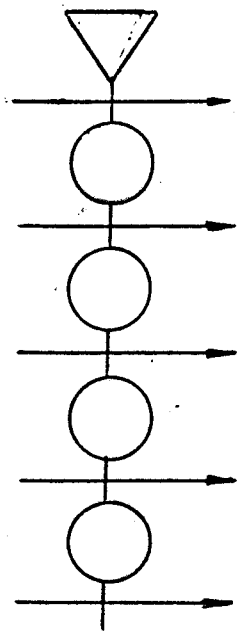
Karbida :					HSS
Keramik	P 01 s/d P 20	P 30 s/d P 40	M 10 s/d K 01	M 30	
0,12	0,26	0,35	0,15	0,20	0,40

Tabel L-3 Contoh harga eksponen n, p, m, dan konstanta C_{TVB}

Benda Kerja (Standar DIN)	Kekerasan (HB)	Kekuatan Tarik (N/mm^2)	Pahat (ISO)	n	p	m	C_{TVB} (m/min) untuk κ_r = 90°	75°	45°
Baja : St 50		500	P 10	0,27	0,26	0,45	522	625	650
St 70		500 s/d 700		0,28	0,26	0,45	434	520	540
St 90		700 s/d 900		0,30	0,29	0,45	324	435	450
Besi Tuang	< 200	-	K 10	0,23	0,15	0,45	245	262	271
Kelabu =	200 s/d 250	-		0,23	0,19	0,45	180	193	200
Baja Paduan :									
25 Cr Mo 4	210 s/d 270	700 s/d 900	P 30	0,26	0,38	0,45	140	187	194
42 Cr Mo 4	270 s/d 330	900 s/d 1100		0,30	0,50	0,45	127	170	176
Stainless Steel :									
X 22 Cr Ni 17	240 s/d 320	800 s/d 1000	P 30	0,20	0,10	0,60	168	226	235
X 5 Cr Ni 18-9	150 s/d 200	500 s/d 700		0,25	0,36	0,45	176	236	245
X 5 Cr Ni Mo 18-2	150 s/d 200	500 s/d 700		0,25	0,41	0,45	182	244	255

Flow Process Chart :

Pembuatan Fly Wheel



Raw Material (hasil pengecoran)

ke mesin bubut 1 .

proses facing

ke mesin bubut 2

proses facing dan bubut silindris

ke mesin bubut 3

proses boring taper

ke mesin slotter

proses pembuatan alur pasak

ke bagian perakitan

Secara lebih terperinci proses pengerjaan tadi adalah sebagai berikut :

1. Mesin Bubut 1

1 - 1 Proses facing sepanjang 22 mm.

1 - 2 Proses facing sepanjang 28 mm.

1 - 3 Proses facing sepanjang 20 mm.

1 - 4 Proses facing sepanjang 20 mm.

1 - 5 Proses facing sepanjang 20 mm.

1 - 6 Proses facing sepanjang 30 mm.

2. Mesin Bubut 2

2 - 1 Proses facing sepanjang 20 mm.

2 - 2 Proses facing sepanjang 22 mm.

2 - 3 Proses facing sepanjang 12 mm.

2 - 4 Proses facing sepanjang 30 mm.

2 - 5 Proses bubut silindris sepanjang 66 mm.

3. Mesin Bubut 3

3 - 1 Proses boring taper sepanjang 54 mm.

4. Mesin Slotter

4 - 1 Proses slotting pembuatan alur pasak.