

JURNAL TEKNIK N O M M E N S E N

KAJIAN KARAKTERISTIK GETARAN PADA MOBIL TOYOTA KIJANG INNOVA REBORN OTTO 2000 CC DAN DIESEL 2400 CC UNTUK PUTARAN MESIN 1000 RPM; 3000 RPM DAN 5000 RPM PADA DAERAH HORIZONTAL, VERTIKAL DAN LONGITUDINAL BERDASARKAN TIME DOMAIN 1
Ir. Suriady Sihombing, MT, Ir. Sibuk Ginting, MSME, Wilson Sabastian ST.

STUDI GAMBARAN VISUAL DALAM SISTEM KENDALI NONLINEAR 15
Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, MT

PENGARUH PENGGUNAAN MU-200 SEBAGAI FILLER PADA LAPISAN BASE COURSE (BC) 32
Yetty Saragi, ST, MT., Johan Oberlyn Simanjuntak, ST., MT., Alex Peranginangin

KORELASI WAKTU PEMOTONGAN TERHADAP KEDALAMAN POTONG PADA PROSES BUBUT 40
Parulian Siagian, ST, MT

ANALISIS QUALITY of SERVICE JARINGAN TELEKOMUNIKASI 60
HIGH-SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS
Ir. Jamser Simanjuntak, MT

STUDI PEMBUMIHAN SISTEM GRID APLIKASI GARDU INDUK 150 KV 87
KAPASITAS 60 MVA TANJUNG MORAWA
Libianko Sianturi, ST., Ir. Fiktor Sihombing, MT., Odin S. Sitohang, ST



Volume IV No. 2, 10 September 2019

ISSN 2089-8797

KORELASI WAKTU PEMOTONGAN TERHADAP KEDALAMAN POTONG PADA PROSES BUBUT

Parulian Siagian

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas HKBP Nommensen, Medan

ABSTRAK

Proses pembubutan adalah suatu proses pembentukan komponen mesin dan peralatan seperti poros pejal, poros berongga, poros berulir, dan bentuk lainnya dengan aksi pemotongan. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa perbedaan antara waktu pemotongan teori dan waktu pemotongan praktik pada proses pembubutan. Teknik yang digunakan dalam menganalisa data perbedaan waktu pemotongan (*cutting time*) hasil percobaan menggunakan metoda statistik. Pengolahan data menggunakan distribusi student "t" pada taraf signifikansi $\alpha = 0.05$, $(1-t) = 95\%$. Pemotongan pada kedalaman potong yang tipis 1 mm, waktu pemotongan sebesar 69.4 detik. Pemotongan praktek (ekprimen) 71.125 detik dengan perbedaan 2.39%. Kedalaman potong dengan tebal 4 mm, waktu pemotongan sebesar 42.6 detik dan waktu pemotongan praktek adalah 43.45 detik dengan perbedaan 1.96%. Distribusi student "t" yaitu sebesar 26.87 detik dan 23.78 lebih besar dari t (0.95) sebesar 1.71. Sehingga hipotesis yang menyatakan bahwa waktu pemotongan praktek lebih lama dari waktu pemotongan teoritis dapat diterima kebenarannya.

Kata Kunci :Pemesinan bubut, waktu, analisis, pemotongan

1. Pendahuluan

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Untuk proses produksi dengan mesin perkakas salah satu faktor yang perlu diketahui adalah waktu pemesinan (*machining time*), faktor ini berpengaruh terhadap jumlah produksi dan kalkulasi ongkos (biaya), selain waktu setting dan biaya-biaya lainnya. Dengan mengetahui waktu pemesinan maka dapat ditentukan jumlah produksi dalam satuan waktu, sehingga memudahkan untuk menentukan ongkos produksi yang akurat.

Waktu untuk menghasilkan produk atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (memotong bagian tertentu produk) dengan cara yang tertentu (menggunakan suatu jenis pahat) adalah merupakan variabel

yang penting dalam rangka penentuan kondisi pemesinan optimum. Untuk jumlah produk yang cukup besar maka secara kasar dapat ditentukan waktu pemesinan rata-rata untuk mengerjakan satu produk, yaitu dengan cara membagi seluruh waktu yang digunakan dengan jumlah produk yang dihasilkan. Akan tetapi, cara ini tidak baik untuk dilaksanakan karena tidak memberikan informasi yang jelas mengenai komponen waktu (bagian waktu total) yang berkaitan dengan setiap langkah pengerjaan dalam proses pemesinan.

2. Perumusan Masalah

Rumusan teoritis untuk waktu pemesinan telah direkomendasikan, terdapat perbedaan antara rumusan teoritis tersebut dengan pelaksanaan prakteknya. Untuk membuktikan kebenaran dan sejauh mana perbedaannya maka diperlukan pengujian dan pengkajian yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Permasalahan yang akan di ungkap dalam penelitian ini adalah:

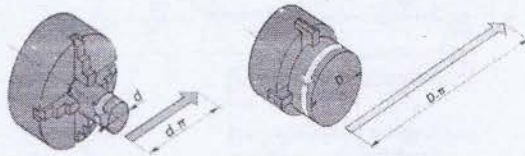
1. Seberapa lama waktu pemesinan yang dibutuhkan pada proses pembubutan benda kerja
2. Seberapa besar perbedaan waktu pemesinan antara teori dengan prakteknya.

3. Tinjauan Pustaka

Proses pembubutan adalah suatu proses pemotongan logam dengan menggunakan alat potong tunggal (*single point tool*), dimana gerakan utama poros berputar pada sumbunya dan alat potong bergerak sepanjang benda kerja, sehingga terjadi serpihan-serpihan yang dinamakan geram. Secara umum proses pembubutan dapat dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu:

- Proses pembubutan memanjang adalah proses pembubutan searah dengan sumbu utama mesin
- Proses pembubutan melintang adalah proses pembubutan yang tegak lurus terhadap sumbu utama mesin.
- Proses pembubutan konis adalah proses pembubutan yang bersudut terhadap sumbu utama.

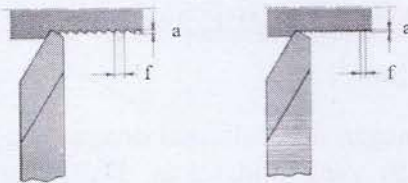
Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindel (speed), gerak makan (feed) dan kedalaman potong (depth of cut). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut. Kecepatan putar (speed) selalu dihubungkan dengan spindel (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (revolutions per minute, rpm), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (Cutting speed atau V) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/ keliling benda kerja (Gambar 2.1). Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau



Gambar 2.1. Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putara

3.1. Gerak Makan dan Pemakanan serta Dalamnya Pemotongan

Gerak makan, f (feed), adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (Gambar 2.2.), sehingga satuan f adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong a . Gerak makan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20 a$, atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.

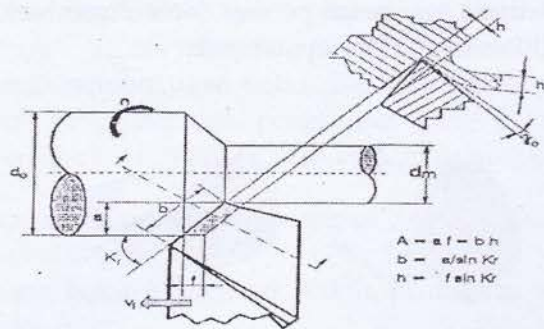


Gambar 2.2. Gerak makan (f) dan kedalaman

Disamping memilih putaran mesin yang benar, proses pembubutan juga tergantung pada pemakan (*feed*) dan dalamnya pemotongan (*depth of cut*).

Pemakan adalah pergerakan alat potong dalam satu kali perputaran dari benda kerja dalam pembubutan arah memanjang atau arah melintang. Sedangkan dalamnya pemakan adalah masuknya alat potong kedalam benda kerja.

Untuk menganalisa pemakanan dan dalamnya pemotongan dapat dilihat pada gambar 2. 3..Dari gambar tersebut sudut potong utama adalah K_r , yaitu sudut antara mata potong (S) dengan arah kecepatan makan v_f . Besar dari sudut ditentukan oleh geometri pahat dan cara pemasangan pahat pada mesin perkakas.



Gambar 2.3. Geometri pemakanan dan dalamnya pemakanan

Ketebalan geram sebelum terpotong dipengaruhi oleh beberapa parameter pemotongan lainnya. Gambar 2.4.. akan dipakai sebagai acuan untuk menguraikan lebih lanjut tentang ketebalan geram sebelum terpotong ini.

Untuk harga a dan f yang sama, sudut ini menentukan besarnya lebar pemotongan b dan lebar geram yang terpotong h sebagai berikut :

- lebar pemotongan : $b = a / \sin K_r$ dalam mm
- tebal geram : $h = f \cdot \sin K_r$ dalam mm

Maka penampang geram yang terpotong adalah :

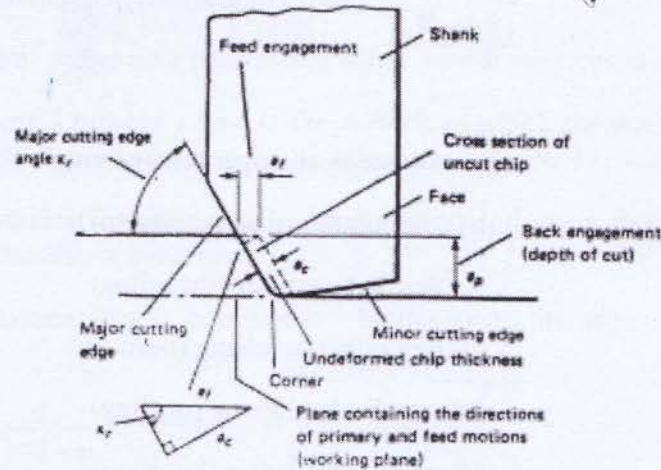
$$a = b \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$

Kedalaman pemotongan dapat dicapai dengan pengaturan yang sesuai dengan kondisi pemotongan yang diinginkan. Dalamnya pemotongan pada proses pembubutan memanjang berarti pengurangan garis tengah, yaitu:

$$a = \frac{D_0 - d_m}{2} \text{ (mm)}$$

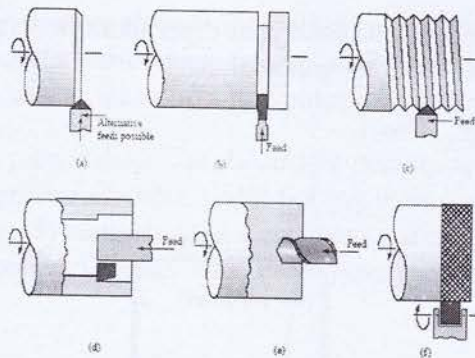
Jika untuk menyelesaikan pekerjaan diperlukan beberapa kali pemotongan (i), maka kedalaman pemotongan adalah :

$$a = \frac{D_0 - d_m}{2 \cdot i} \text{ (mm)}$$



Gambar 2.4 Penentuan Ketebalan Geram Sebelum Terpotong

Kedalaman potong a (depth of cut), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (Gambar 2.6.). Ketika pahat memotong sedalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang $2a$, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar. Beberapa proses pemesinan selain proses bubut dapat dilakukan juga di mesin bubut proses pemesinan yang lain, yaitu bubut dalam (internal turning), proses pembuatan lubang dengan mata bor (drilling), proses memperbesar lubang (boring), pembuatan ulir (thread cutting), dan pembuatan alur (grooving/ parting-off). Proses tersebut dilakukan di mesin bubut dengan bantuan peralatan bantu agar proses pemesinan bisa dilakukan (lihat Gambar 2.5)



- (a) pembubutan champer (chamfering)
- (b) pembubutan alur (parting-off)
- (c) pembubutan ulir (threading)
- (d) pembubutan lubang (boring)
- (e) pembuatan lubang (drilling)
- (f) pembuatan kartel (knurling)

Gambar 2.5. Proses pemesinan pada mesin bubut

3.2. Waktu Pemotongan

Parameter waktu pemotongan cukup penting diketahui dalam proses produksi pembubutan, karena dengan menghitung faktor ini dapat diketahui beberapa lama proses berlangsung. Dengan demikian dapat ditentukan besarnya ongkos pemakaian mesin/ongkos produksi. Untuk mendapatkan waktu yang dibutuhkan dalam proses produksi pembubutan, terdiri dari:

- a. waktu persiapan (*setting time*)
- b. waktu tambahan (*auxiliary time*)
- c. waktu pemesinan (*machining time*)

a. Waktu persiapan (*setting time*)

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan mesin, peralatan, alat ukur yang diperlukan dan pembacaan gambar kerja.

b. Waktu tambahan (*auxiliary time*)

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk memasang benda kerja, menyetel alat potong, pengukuran dan pemeriksaan hasil pemesinan. Besarnya waktu persiapan dan waktu tambahan tidak dapat ditentukan, tergantung dari kesiapan peralatan dan kecakapan/pengalaman operator.

c. Waktu pemesinan (*Machining time*)

Tentang waktu pemesinan pada mesin bubut, Jutz & Scharcus mengatakan:

The machining (turning) time is the periode in which the machine performs The actual turning operation (Jutz & scharcus, hal . 107)

Waktu pemesinan (pembubutan) adalah perioda dimana mesin melakukan proses pembubutan sebenarnya

Adapun rumusan waktu pemesinan berdasarkan literatur adalah sebagai berikut:

$$1. t_c = \frac{L}{f \times n} \text{ (menit) 2.3}$$

(Jutz & scharcus, hal. 102)

Dimana :

t_c = waktu pemesinan untuk satu kali pemotongan (menit)

L = panjang benda kerja yang dipotong (mm)

f = pemakanan (mm/putaran)

n = putaran mesin (rpm)

$$2. t_c = \frac{L_t}{f \times n} \text{ (menit) 2.4}$$

Dimana :

t_c = waktu pemesinan untuk satu kali pemotongan (menit)

L_t = panjang pembubutan ($l_a + l_i + l$)

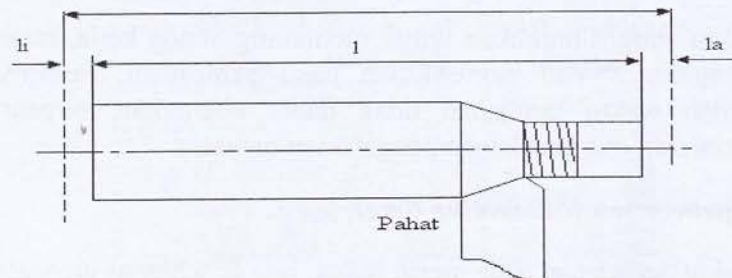
l_a = awal kedudukan pahat (mm)

l_i = akhir kedudukan pahat (mm)

l = panjang sebenarnya benda kerja yang dipotong (mm)

f = pemakanan (mm/putaran)

n = putaran mesin (putaran/menit)



Gambar 2.6. Kedudukan awal alat potong

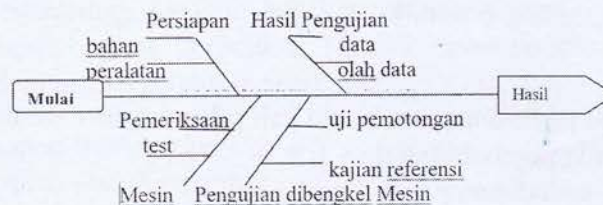
Dari kedua rumus tersebut terdapat perbedaan dalam menentukan titik awal pemotongan, dimana menurut "Heinrich gerling" ada penambahan pada awal dan akhir pemotongan sebesar $l_a + l_i$. Hal ini untuk memudahkan dalam awal pemotongan dan akhir pemotongan, terutama untuk operator yang belum berpengalaman.

4. Tujuan Penelitian :

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui perbedaan antara waktu pemesinan teoritis dengan waktu pemesinan praktik
- Untuk mendapatkan informasi yang jelas berkaitan dengan waktu yang dibutuhkan dalam proses pembubutan memanjang (*longitudinal turning*).
- Untuk mendapatkan standard waktu pengerjaan benda kerja yang nantinya berguna untuk menentukan ongkos produksi.

5. Metode Penelitian :



Gambar 2.7 Diagram sirip ikan metode pelaksanaan penelitian

5.1. Data Waktu Pemotongan

Penelitian dilaksanakan di Workshop Prodi Teknik Mesin UHN. Bahan baja St 50 ukuran $\phi 25 \times 125$ (mm) sebanyak 24 buah sampel. Sedangkan ukuran

diameter bahan dalam percobaan adalah ϕ 24 dan ϕ 23 mm. Kedalaman potong (*depth of cut*) ditentukan, yaitu 1 dan 4 mm.

5.2. Parameter Kerja Kerja Waktu pemotongan

1. Gerakan pemakanan (*feeding*), f (mm/put)
2. Kedalaman pemotongan (*depth of cut*), a (mm)
3. Putaran mesin, n (rpm)

Untuk pembubutan dengan kedalaman potong, $a = 1$ mm dan diameter bahan, $d = 24$ mm dengan gerakan pemakanan (*feeding*), $f = 0.2$ mm/putaran, kecepatan potong (*cutting speed*), $v = 44$ m/menit pada kedalaman potong, $a = 4$ mm diameter bahan, $d = 23$ mm dimana gerakan pemakanan (*feeding*), $f = 0.4$ mm/putaran kecepatan potong (*cutting speed*), $V = 32$ m/menit Putaran mesin (n) didapat dengan menghitung sesuai dengan rumus berikut :

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} \text{ (rpm)}$$

Maka untuk kedalaman potong (a) = 1 mm, kecepatan potong (V) = 44 m/menit, putaran mesin (n_1) adalah :

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{1000 \times 44}{\pi \times 24} \\ &= 561 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Putaran 561 tidak tersedia pada mesin, maka diambil putaran yang mendekati sesuai dengan yang tertera pada tabel mesin yaitu 540 rpm.

Untuk kedalaman potong (a) = 4 mm, kecepatan potong (V) = 32 m/menit, putaran mesin (n_4) adalah :

$$n_4 = \frac{1000 \times 32}{\pi \times 23} = 443 \text{ rpm}$$

Putaran 443 tidak tersedia pada mesin, maka diambil putaran yang mendekati sesuai dengan yang tertera pada tabel mesin yaitu 440 rpm.

6. Hasil Percobaan

Setelah melakukan percobaan pembubutan terhadap spesimen, maka diperoleh data-data seperti tabel di bawah ini.

Tabel 1 .Data waktu pemotongan

50 , a = 1 mm

No Sampel	Waktu (t), detik (x)	(x ²)
01	71.4	5097.96
02	71.2	5069.44
03	71.4	5097.96
04	71.5	5112.25
05	71.3	5083.69
06	70.9	5026.81
07	71.1	5055.21
08	71.2	5069.44
09	70.8	5012.64
10	71.2	5069.44
11	71.4	5012.64
12	71.3	5069.44
13	71.4	5097.96
14	70.8	5012.64
15	70.5	4970.25
16	71.1	5055.21
17	71.3	5083.69
18	71.4	5069.44
19	70.9	5026.81
20	71.4	5097.96
21	70.9	5026.81
22	70.7	4998.49
23	71.4	5097.96
24	71.2	5069.44
	$\sum X = 1707.5$	$\sum X^2 = 12145$

Sampel	Waktu (t), detik (x)	(x ²)
01	44.4	1971.36

50 , a = 4 mm

02	43.2	1866.24
03	43.4	1883.56
04	44.5	1980.25
05	43.3	1874.89
06	43.9	1927.21
07	44.1	1944.81
08	44.2	1953.64
09	43.8	1918.44
10	43.2	1866.24
11	44.4	1971.36
12	43.3	1874.89
13	43.4	1927.56
14	42.8	1831.84
15	42.9	1840.41
16	44.1	1944.81
17	43.3	1874.89
18	43.2	1866.24
19	42.9	1840.41
20	43.4	1927.56
21	42.9	1840.41
22	42.7	1823.29
23	43.4	1927.56
24	42.2	1780.84
	$\sum X = 1042.9$	$\sum X^2 = 45408.7$

Pembahasan

1. Perhitungan Waktu Pemotongan

Waktu pemotongan menurut *Jutz & Scharcus*

$$\begin{aligned} T_{c1} &= \frac{L}{f \times n1} \text{ (menit)} > L = 125 \text{ mm} \\ &= \frac{125}{0.2 \times 540} > f = 0.2 \text{ mm/put} \\ &= 1.15 \text{ menit} > n1 = 540 \text{ rpm} \\ &= 69.4 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{c4} &= \frac{L}{f \times n4} \text{ (menit)} > L = 125 \text{ mm} \\ &= \frac{125}{0.4 \times 440} > f = 0.4 \text{ mm/put} \\ &= 0.71 \text{ menit} > n4 = 440 \text{ rpm} \\ &= 42.6 \text{ detik} \end{aligned}$$

Waktu pemotongan Menurut *Heinrich Gerling*

$$\begin{aligned} T_{c1} &= \frac{L_t}{f \times n1} \text{ (menit)} > L_t = 1 + 1a + 1i \\ &= 125 + 5 + 5 \\ &= 135 \text{ mm} \\ &= \frac{135}{0.2 \times 540} \\ &= 1.25 \text{ menit} \\ &= 75 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{c4} &= \frac{L_t}{f \times n4} \text{ (menit)} > L_t = 1 + 1a + 1i \\ &= 125 + 5 + 5 \\ &= 135 \text{ mm} \\ &= \frac{135}{0.4 \times 440} \\ &= 0.76 \text{ menit} \\ &= 46 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari kedua metoda analisa di atas terlihat bahwa terdapat perbedaan waktu pemotongan antara metoda *Jutz & Scharcus* dan metoda *Heinrich gerling*.

Besar perbedaan, yaitu $T_{c1} = 75 \text{ detik} - 69.4 \text{ detik}$

$= 5.56 \text{ detik}$

$= 7.41 \%$

$T_{c4} = 46 \text{ detik} - 42.6 \text{ detik}$
 $= 3.41 \text{ detik}$ atau $= 7.41\%$

Dari analisa di atas metoda *Jutz & Scharcus* lebih menguntungkan untuk dipakai dalam proses pemotongan, bila operator sudah cukup memahami operasi pemotongan.

Analisa Data Percobaan Pemotongan

a. Uji Normalitas Data Kelompok I

Dalam uji normalitas data kelompok I, data yang bersumber dari tabel 1 dibentuk menjadi 6 (enam) sub grup seperti pada tabel berikut :

Tabel 3 Data sub grup waktu pemotongan

Sub grup Ke	Waktu Pengukuran (Xi)	Harga Rata-rata Sub grup (Xr)
1	71.4, 71.2, 71.4,	71.300
2	71.5	
3	71.3, 70.9, 71.1,	71.125
4	71.2	
5	70.8, 71.2, 71.4,	71.175
6	71.3	70.950
	71.4, 70.8, 70.5,	
	71.1	71.250
	71.3, 71.4, 70.9,	
	71.4	71.050
	70.9, 70.7, 71.4,	
	71.2	
	Jumlah	$\sum Xr$ =426.750

Harga rata-rata dari rata-rata sub grup :

$$X = \frac{\sum Xr}{k} \quad >k = \text{banyak sub grup}$$

(Sutalaksana, hal.25)

Maka,

$$X = \frac{426.750}{6} = 71.125$$

Standard deviasi sebenarnya :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \dots \text{Sutalaksana, hal.30}$$

dimana :

N= Jumlah sampel yang diukur
= 24

Xi= Waktu pemotongan yang diamati

Sehingga :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(71.4 - 71.125)^2 + (71.2 - 71.125)^2 + \dots + (71.2 - 71.125)^2}{(24-1)}} = 0.3175$$

Maka standard deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup adalah :

$$\sigma_X = \frac{\sigma}{\sqrt{k}} \quad \sigma = \text{standard deviasi sebenarnya (Sutalaksana, hal.35)}$$

k= banyak sub grup

$$\sigma_X = \frac{0.3157}{\sqrt{6}} = 0.128$$

Untuk mengetahui apakah sub grup berada dalam batas kontrol dan berdistribusi normal dapat dikoreksi di antara batas kontrol atas (bka) dan batas kontrol bawah (bkb)

$$\text{BKA} = \bar{X} + 3 \sigma_X$$

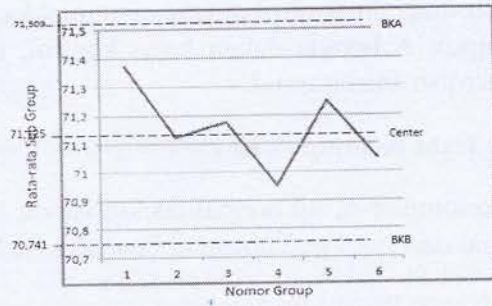
$$\text{BKB} = \bar{X} - 3 \sigma_X$$

(Sutalaksana, hal.140)

Selanjutnya Sutalaksana mengatakan, batas kontrol inilah yang merupakan batas, apakah suatu sub grup seragam atau tidak seragam. Jika semua rata-rata sub grup berada dalam batas-batas tersebut, maka data tersebut dikatakan seragam (normal). Demikian pula sebaliknya, jika ada rata-rata sub grup berada diluar batas kontrol, maka data tersebut dikatakan tidak normal (tidak seragam).

$$\text{BKA} = 71.125 + 3 \times 0.128 = 71.509$$

$$\text{BKB} = 71.125 - 3 \times 0.128 = 70.741$$



Gambar 2.8. Diagram Kontrol Rata-Rata Sub Grup A

Dari pengamatan diagram kontrol di atas menunjukkan bahwa harga rata-rata dari data kelompok A berada dalam batas kontrol, maka data kelompok A dikategorikan berdistribusi normal.

Uji Normalitas Data Kelompok B

Uji normalitas kelompok A, uji normalitas kelompok B pada prinsipnya sama. Data yang didapat dari hasil percobaan di bentuk seperti tabel berikut :

Tabel 4 Data sub grup Waktu Pemotongan

Sub grup Ke	Waktu Pengukuran (Xi)	Harga Rata-rata Sub grup (Xr)
1	44.4, 43.2, 43.4, 44.5	43.875
2	43.3, 43.9, 44.1, 44.2	43.875
3	43.8, 43.2, 44.4, 43.3	43.675
4	43.4, 42.8, 43.9, 44.1	43.300
5	43.3, 43.2, 42.9, 42.4	43.200
6	42.9, 42.7, 43.4, 42.2	42.800
Jumlah		
		$\sum X_r = 260.725$

Harga rata-rata dari rata-rata sub grup :

$$X = \frac{\sum X_r}{k} \quad > k = \text{banyak sub grup}$$

(Sutalaksana, hal.25)

Maka,

$$X = \frac{260.725}{6} = 43.45$$

Standard deviasi sebenarnya :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{N - 1}} \quad \dots\dots \text{Sutalaksana, hal.30}$$

dimana :

Dari pengamatan diagram kontrol di atas menunjukkan bahwa harga rata-rata dari data kelompok A berada dalam batas kontrol, maka data kelompok A dikategorikan berdistribusi normal.

Uji Normalitas Data Kelompok B

Uji normalitas kelompok A, uji normalitas kelompok B pada prinsipnya sama. Data yang didapat dari hasil percobaan di bentuk seperti tabel berikut :

Tabel 4 Data sub grup Waktu Pemotongan

Sub grup Ke	Waktu Pengukuran (Xi)	Harga Rata-rata Sub grup (Xr)
1	44.4, 43.2, 43.4, 44.5	43.875
2	43.3, 43.9, 44.1, 44.2	43.875
3	43.8, 43.2, 44.4, 43.3	43.675
4	43.4, 42.8, 43.9, 44.1	43.300
5	43.3, 43.2, 42.9, 42.4	43.200
6	42.9, 42.7, 43.4, 42.2	42.800
Jumlah		
		$\sum X_r = 260.725$

Harga rata-rata dari rata-rata sub grup :

$$X = \frac{\sum X_r}{k} \quad k = \text{banyak sub grup}$$

(Sutalaksana, hal.25)

Maka,

$$X = \frac{260.725}{6} = 43.45$$

Standard deviasi sebenarnya :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{N-1}} \quad \dots \dots \text{Sutalaksana, hal.30}$$

dimana :

N = Jumlah sampel yang diukur

$$= 24$$

X_i = Waktu pemotongan yang diamati

Sehingga :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(44.4 - 43.45)^2 + (43.2 - 43.45)^2 + \dots + (44.2 - 43.45)^2}{(24 - 1)}}$$

$$= 0.603$$

Maka standard deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup adalah :

$$\sigma X = \frac{\sigma}{\sqrt{k}} \quad > \sigma = \text{standard deviasi sebenarnya}$$

(Sutalaksana, hal.35) k = banyak sub grup

$$\sigma X = \frac{0.603}{\sqrt{6}}$$

$$= 0.246$$

Untuk mengetahui apakah sub grup berada dalam batas kontrol dan berdistribusi normal dapat dikoreksi di antara batas kontrol atas (bka) dan batas kontrol bawah (bkb).

$$BKA = \bar{X} + 3 \sigma X$$

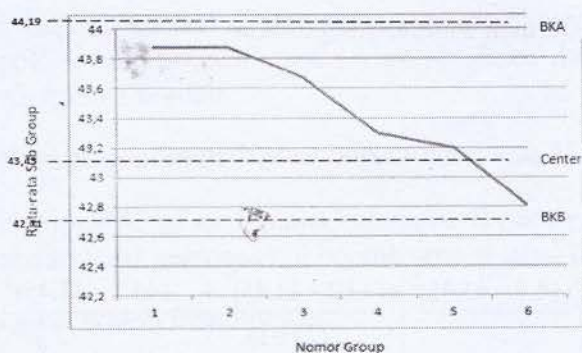
$$BKB = \bar{X} - 3 \sigma X$$

(Sutalaksana, hal.140)

Selanjutnya sutalaksana mengatakan, batas kontrol inilah yang merupakan batas, apakah suatu sub grup seragam atau tidak seragam. Jika semua rata-rata sub grup berada dalam batas-batas tersebut, maka data tersebut dikatakan seragam (normal). Demikian pula sebaliknya, jika ada rata-rata sub grup berada diluar batas kontrol, maka data tersebut dikatakan tidak normal (tidak seragam).

$$BKA = 43.45 + 3 \cdot 0.246 = 44.188$$

$$BKB = 43.45 - 3 \cdot 0.246 = 42.712$$



Gambar 7 Diagram Kontrol Rata-Rata Sub Grup B

Dari diagram kontrol di atas terlihat bahwa harga rata-rata dari data kelompok B berada dalam batas kontrol, maka data kelompok B berdistribusi normal.

Uji Hipotesis

Dalam pengujian hipotesis dikenal dengan 3 macam pengertian, yaitu pengertian sama atau tidak memiliki perbedaan disebut hipotesis nol (H_0) melawan hipotesis tandingan (H_1) yang mengandung pengertian tidak sama, lebih kecil atau lebih besar. Jika hipotesis tandingan (H_1) mempunyai rumusan tidak sama, maka distribusi statistik yang digunakan adalah distribusi normal untuk "z", distribusi student untuk "t" dan seterusnya, maka didapat "z" daerah kritis atau daerah penolakan pada tiap ujung adalah sebesar $\alpha/2$ (hal ini disebut pengujian dua arah atau dua pihak).

Jika H_1 mempunyai rumusan lebih besar, maka diperoleh daerah kritis sebelah kanan sebesar α . Kriteria yang dipakai adalah tolak H_0 jika statistik yang dihitung berdasarkan sampel tidak kurang (lebih besar) dari daerah kritis. Untuk hal lainnya terima H_0 .

Maka pasangan hipotesis adalah :

untuk kel. A

$$H_0 : \mu = 69.4$$

$$H_1 : \mu > 69.4$$

untuk kel. B

$$H_0 : \mu = 42.6$$

$$H_1 : \mu > 42.6$$

Karena simpangan baku tidak diketahui, maka distribusi yang digunakan adalah distribusi t, yaitu :

$$t = \frac{X - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \dots\dots\dots(\text{Sujana, hal.227})$$

dimana :

X= harga rata-rata su grup waktu pemotong praktek

μ_0 = harga waktu pemotongan standart / teoritis

s= standart deviasi waktu pemotongan

n= jumlah pengukuran

Maka distribusi student :

$$T_a = \frac{71.125 - 69.4}{\frac{0.3175}{\sqrt{24}}} = 26.87$$

$$t_b = \frac{43.45 - 42.0}{\frac{0.603}{\sqrt{24}}} = 23.78$$

Dari daftar distribusi student t 0.95, $\alpha = 0.05$ dengan derajat kebebasan (dk) = $n-1 = 24-1 = 23$, didapat $t = 1.71$. Sehingga kriteria pengujian adalah :

Tolak H_0 jika t hitung lebih besar atau sama dengan 1.71, terima H_0 untuk hal sebaliknya. Sedangkan hasil penelitian diperoleh $t_a = 26.87$ dan $t_b = 23.78$ jatuh pada daerah penolakan H_0 . Jadi hipotesis H_0 ditolak, maka hipotesis H_1 diterima.

Dengan demikian hipotesis yang menyatakan bahwa waktu pemotongan praktek lebih lama dari waktu pemotongan teoritis dapat diterima kebenarannya.

Selanjutnya akan di uji apakah waktu pembubutan untuk kedalaman potong 4.0 mm dengan *feeding* 0.4 lebih lama dari waktu pembubutan 1.0 mm.

Untuk pengujian ini pasangan hipotesis digunakan :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \quad (\text{Sujana, hal.239})$$

dimana :

$\mu 1$ = rata-rata waktu pemotongan untuk kedalaman potong 1.0 mm

$\mu 2$ = rata-rata waktu pemotongan untuk kedalaman potong 4.0 mm

Karena $\mu 1 \neq \mu 2$ dan data kelompok A dan B berdistribusi normal, maka rumus statistik yang digunakan :

$$t' = \frac{X1 - X2}{\sqrt{S1^2/n1 + S2^2/n2}} \quad (\text{Sujana, hal.241})$$

Kriteria pengujian adalah : terima H_0 jika :

$$-\frac{W1.t1 + W2.t2}{W1 + W2} < t' < \frac{W1.t1 + W2.t2}{W1 + W2}$$

dimana :

$$W1 = S1^2/n1 = (0.3175)^2/24 = 0.004153$$

$$W2 = S2^2/n2 = (0.603)^2/24 = 0.004347$$

$$t1 = t(1-0.5\alpha), (n1-1)$$

$$t2 = t(1-0.5\alpha), (n2-1)$$

$s1$ = standar deviasi data kelompok A

$s2$ = standar deviasi data kelompok B

$n1, n2$ = jumlah sampel data kelompok A, B

maka harga t' adalah :

$$\begin{aligned} t' &= \frac{71.125 - 43.45}{\sqrt{(0.3157)^2/24 + (0.603)^2/24}} \\ &= \frac{27.555}{0.12263} = 22.47 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$t_1 = t_2 = t(1-0.5\alpha) = 22.47 \times (1-0.5 \times 0.05) = 21.91$$

$$\frac{W_1.t_1 + W_2.t_2}{W_1 + W_2} = \frac{(0.004153).(21.91) + (0.00434).(21.91)}{0.004153 + 0.00434} = 21.91$$

Kriteria pengujian adalah : Terima H_0 jika $-21.91 < t' < 21.91$ dan tolak H_0 dalam hal lainnya. Dari perhitungan di atas didapat harga $t' = 22.47$ diluar daerah penerimaan H_0 . Jadi H_0 ditolak pada taraf $\alpha = 0.05$. Akibatnya hipotesis alternatif H_1 diterima, yang berarti hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa korelasi waktu pemotongan untuk kedalaman yang tebal tidak sama dengan waktu pemotongan untuk kedalaman yang tipis **mengandung kebenaran**.

Kesimpulan:

1. Analisa statistik terhadap hipotesis yang menyatakan bahwa waktu pemotongan praktek lebih lama dari waktu pemotongsn teoritis (rumusan teoritis) benar *mengandung kebenaran*.
2. Pemotongan (diambil 1 mm), waktu yang dibutuhkan 69.4 detik. Sedangkan waktu pemotongan praktek (percobaan) adalah 71.125 detik atau perbedaannya 2.39 %.
3. Pemotongan dengan tebal (diambil 4 mm), waktu pemotongan hasil perhitungan sebesar 42.6 detik dan waktu pemotongan praktek adalah 43.45 detik atau perbedaannya 1.96 %. Berdasarkan literatur , bahwa penyimpangan maksimum adalah 6 %. Maka penyimpangan tersebut masih dalam batas yang ditentukan untuk mesin yang sudah relatif lama digunakan (masa pakai diatas 5 tahun).
4. Hasil distribusi " t " yaitu sebesar 26.87 detik dan 23.78 dengan jauh lebih besar dari $t(0.95)$ sebesar 1.71, sehingga hipotesis H_0 pada taraf signifikansi $\alpha = 0.05$. Jadi seandainya dilakukan penelitian ulang sebanyak 100 kali terhadap kebenaran hipotesis ini, maka hasilnya akan memberikan paling sedikit 95 kali sama dengan hasil penelitian ini dan paling besar 5 kali untuk sebaliknya.
4. Hipotesis yang menyatakan bahwa waktu pemotongan lebih lama untuk kedalaman potong yang lebih besar (dalam hal ini 1.0 mm dengan 4.0 mm), **ternyata mengandung kebenaran**.
5. Dari hasil perhitungan t' Sebesar 22.47 lebih besar dari t_1 dan $t_2 = 21.91$. Sehingga Hipotesis H_0 ditolak dan hipotesis H_1 diterima pada taraf signifikan $\alpha = 0.05$. Sehingga mendukung kebenaran dari hipotesis diatas.

Daftar Pustaka :

- E. Paul De Garmo, 1979, *Materials and Processes in Manufacturing*, Collier Machmillian Publisher, London
- Emco, 1981, *Instruction Book*, Maximat V13, Austria
- Herman Jutz And Scharcus, 1982, *Westerman Tables For Metal Trade*, Willey Eastern Limited, New Delhi, India
- Heinrich Gerling, 1982, *All About Machine Tools*, Willey Eastern Limited, New Delhi, India
- Lasco And Potter, 1978, *Machine Shop*, American Technical Society, The United State
- Syamsir A. Muin, 1986, *Dasar-Dasar Perancangan Perkakas Dan Mesin-Mesin Perkakas*, Rajawali Pres, Jakarta.
- Sudjana, 1989, *Metode Statistika*, Tarsito, Bandung.
- Sutalaksana, 1985, *Teknik Tata Cara Kerja*, Teknik Industri ITB, Bandung
- Taufiq Rochim, 1985, *Teori Dan Teknologi Proses Permesinan*, Laboratorium Teknik Produksi Teknik Mesin ITB, Bandung 1985