

**Analisis Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Laju  
Pengerjaan Material Pada Proses Pembubutan  
Baja AISI 1045**

*Analysis of the Effect of Cutting Speed on the Processing Rate of Materials in the  
Turning Process of AISI 1045 Steel*

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan  
Diploma IV Program Studi DIV Mesin dan Manufaktur  
Dijurusan Teknik Mesin

oleh :

Erick Wiratama

NIM : 1041708



POLMANBABEL

TAHUN 2021

# **Analisis Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Laju Pengerjaan Material Pada Proses Pembubutan Baja AISI 1045**

*Analysis of the Effect of Cutting Speed on the Processing Rate of Materials in the  
Turning Process of AISI 1045 Steel*

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan

Diploma IV Program Studi DIV Mesin dan Manufaktur

Dijurusan Teknik Mesin

oleh :

Erick Wiratama

NIM : 1041708



POLMANBABEL

TAHUN 2021

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**Analisis Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Laju Pengerjaan Material  
Pada Proses Pembubutan Baja AISI 1045**

**Penulis :**

**ERICK WIRATAMA**

**NIM : 1041708**

**Pengaji :**

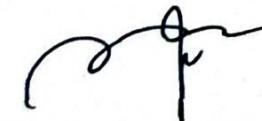
1. Ketua : Zaldy Kurniawan, S.S.T., M.T
2. Anggota 1 : Zaldy S. Suzen, S.S.T., M.T
3. Anggota 2 : Eko Yudo, S.S.T., M.T



Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 23 februari 2021

Dan disahkan sesuai dengan ketentuan

**Pembimbing Utama,**



Zaldy Kurniawan, S.S.T., M.T  
NIP : 207702033

**Pembimbing Pendamping,**



Mascani, S.S.T., M.T  
NIP : 207702033



NIP : 198801242019031008

## **PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Erick Wiratama NIM : 1041708

Dengan Judul : Analisis Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Laju Pengrajan Material Pada Proses Pembubutan Baja *AISI 1045*

Menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini adalah hasil kerja sendiri dan bukan hasil plagiat. Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan bila dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

**Sungailiat, 24 Februari 2021**



**Erick Wiratama**

## **ABSTRAK**

Proses penggerjaan logam dapat diklasifikasikan secara umum menjadi 2 yaitu *noncutting* (tanpa penyayatan) dan *cutting* (penyayatan). Dunia industri manufaktur, keberhasilan suatu proses produksi sangat dipengaruhi oleh mesin-mesin produksi yang digunakan. Mesin Bubut adalah mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang berputar. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan potong, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemotongan terhadap laju penggerjaan material menggunakan pahat bubut *insert* CNMG 120404-TF merk *iscar* dan menggunakan dromus sebagai cairan pendingin. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan *setting* variabel-variabel guna mendapat laju penggerjaan material yang besar.. Proses pembubutan menggunakan mesin bubut konvensional MAWItch D.O.O.B 160 x1000, serta material yang digunakan adalah AISI 1045, serta data hasil penelitian dianalisis menggunakan ANAVA pada *software* statistik. Hasil penelitian menunjukan bahwa pengaruh kecepatan potong terhadap laju penggerjaan material *mean* sebesar -4.32% dan S/N rasio sebesar -2.50% . Kedalaman pemotongan memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap laju penggerjaan material.

**KATA KUNCI :** Logam, Bubut, Laju, Material, Potong.

## **ABSTRACT**

*Metal working processes can be generally classified into 2, namely non-cutting (without cutting) and cutting (cutting). In the world of manufacturing industry, the success of a production process is greatly influenced by the production machines used. Lathes are machine tools used to cut rotating objects. The purpose of this study was to determine the effect of cutting speed, infeed speed, and cutting depth on the material processing rate using CNMG 120404-TF iscar brand lathe and using dromus as coolant. This study uses an experimental method, with variable settings in order to obtain a large material processing rate. The turning process uses a conventional MAWItech D.O.O.B 160 x1000 lathe, and the material used is AISI 1045, and the research data is analyzed using ANAVA in statistical software. The results showed that the effect of cutting speed on the mean material processing rate was -4.32% and the S / N ratio was -2.50%. The depth of cutting has the most significant effect on the rate of material processing.*

*Keywords:* Metal, Lathe, Rate, Material, Cut.

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran TUHAN YANG MAHA ESA yang telah memberikan rahmat dan karunia-NYA. Atas kehendak-NYA juga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Analisis Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Laju Pengerjaan Material Pada Proses Pembubutan Baja AISI 1045”**

Penulis menyadari bahwa dalam dalam menyelesaikan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, baik ditinjau dari segi materi maupun dari segi teknis penyusunannya, hal ini disebabkan oleh terbatasnya pengetahuan dan minimnya pengalaman penulis. Oleh karna itu dengan segala kerendahan hati saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik moril maupun materil dari berbagai pihak. Oleh karna itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua Tercinta, terimakasih yang tak terhingga atas do'a, support dan kasih sayangnya yang telah diberikan selama ini.
2. Bapak Zaldy Kurniawan, S,S,T., MT. Selaku dosen pembimbing pertama yang telah banyak sekali memberi motivasi dan arahan kepada penulis serta membantu penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Masdani S,S,T.,MT. Selaku dosen pembimbing kedua yang juga memberi semangat dan membantu penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ibu Indah Riezky Pratiwi, M.Pd. yang selalu memberi arahan ketika dimintai saran atau ide
5. Bapak Pristiansyah, S,S,T.,MT Sebagai Ka jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Dosen-dosen Politeknik Manufaktur Bangka Belitung.
7. Jajaran Tata Usaha, atas bantuan dalam urusan administrative.

8. Teman-teman Teknik Mesin dan Manufaktur, atas persahabatan, kebaikan dan rasa kekeluargaan yang tak akan terlupakan.
9. Dan Semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, mahasiswa khususnya dan pembaca umumnya.

**SUNGAILIAT, 03 Maret 2021**



**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	ii
<b>PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....</b>	iii
<b>ABSTRAK .....</b>	iv
<b>ABSTRACT .....</b>	v
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	vi
<b>DAFTAR ISI.....</b>	viii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-3
1.4 Batasan Masalah.....	I-4
1.5 Sistematika Laporan.....	I-4
<b>BAB 1 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka .....	II-1
2.2 Mesin Bubut.....	II-4
2.3 Pahat Bubut .....	II-7
2.4 Baja Karbon .....	II-8
2.4.1 Unsur baja AISI 1045 .....	II-9
2.4.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045 .....	II-9
2.5 <i>Dromus B</i> .....	II-9
2.6 Metode eksperimental .....	II-10
2.6.1 Karateristik Metode eksperimental .....	II-10
2.6.2 Sumber Data .....	II-12
2.6.2 Tahapan Analisis .....	II-13
2.6.2 Statistik Terapan.....	II-17

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

3.1 Tahapan Penelitian .....	III-1
3.2 Variabel Penelitian .....	III-2
3.3 Karateristik Respon Optimal.....	III-3
3.4 Bahan dan Peralatan.....	III-3
3.5 Rancangan Percobaan .....	III-6
3.6 Prosedur Percobaan.....	III-8
3.7 Analisis.....	III-10
3.7.1 Uji Normalitas .....	III-11
3.7.2 Uji Homogenitas.....	III-11

### **BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan .....	IV-1
4.2 Penentuan Kombinasi Level Dari Variabel Respon Optimal .....	IV-2
4.3 Analisis Variansi dan Persen Kontribusi.....	IV-3
4.3.1 Analisis Variansi Rata-rata Laju Pengerjaan Material .....	IV-3
4.4 Perhitungan Rasio S/N Dari Respon .....	IV-9
4.4.1 Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Variasi MRR .....	IV-11
4.4.2 Analisis Varian Rasio S/N.....	IV-12
4.5 Pembahasan.....	IV-18
4.5.1 Hasil Dari Perhitungan Rata-rata .....	IV-19
4.5.2 Hasil Perhitungan Rasio S/N .....	IV-20
4.6 Analisis.....	IV-21

### **BAB 5 KESIMPUKAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran.....	V-1

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## **DAFTAR TABEL**

2.1 Unsur Baja Karbon AISI 1045 .....	II-9
2.2 Sifat Mekanis Baja AISI 1015 .....	II-9
2.3 Tabel Analisis Variansi .....	II-14
3.1 Komposisi Baja AISI 1045 .....	III-4
3.2 Spesifikasi mesin bubut .....	III-5
3.3 Variabel Proses & Pengaturan Level .....	III-7
3.4 Total Derajat Kebebasan Variabel Bebas dan Levelnya .....	III-7
3.5 Variabel Proses Penelitian .....	III-7
3.6 Matrik Penelitian .....	III-8
3.7 Uji Normalitas .....	III-11
3.7 Uji Homogenitas .....	III-11
4.1 Data Hasil Percobaan .....	IV-1
4.2 Respon Rata-rata Terhadap Laju Pengerjan Material .....	IV-3
4.3 Respon Rata-rata Faktor Terhadap Laju Pengerjan Material .....	IV-3
4.4 Analisis Variansi Rata-rata Laju Pengerjaan Material .....	IV-8
4.5 Persen Kontribusi .....	IV-9
4.6 Hasil Perhitungan S/N .....	IV-11
4.7 Respon Rasio S/N Laju Pengerjaan Material .....	IV-12
4.8 Analisis Variansi Rasio S/N Laju Pengerjaan Material .....	IV-16
4.9 Persen Kontribusi .....	IV-17
4.10 Hasil Perhitungan Rata-rata Menggunakan Software Dengan Taraf Interval Kepercayaan 95% .....	IV-19
4.11 Hasil Perhitungan Rasio S/N Menggunakan Software Dengan Taraf Interval Kepercayaan 95% .....	IV-19
4.12 Kondisi Hipotesis Nol Respon Secara Serentak .....	IV-22

## **DAFTAR GAMBAR**

2.1 Mesin Bubut.....	II-4
2.2 Pahat Insert CNMG.....	II-7
3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	III-1
3.2 Benda Kerja.....	III-3
3.3 Ukuran Benda Kerja.....	III-4
3.4 Pahat Insert CNMG 120404-TF.....	III-4
3.5 Mesin Bubut MAWItec.....	III-5
3.6 Jangka Sorong .....	III-6
3.7 Timbangan Digital .....	III-6
3.8 Pencekaman BK <i>dichuck</i> mesin bubut.....	III-8
3.9 Memasang pahat dan <i>Setting</i> titik nol .....	III-9
3.10 Proses pembubutan .....	III-9
3.11 Menimbang benda kerja setelah <i>difacing</i> .....	III-10
3.12 Menimbang kembali benda kerja setelah diproses .....	III-10
4.1 Grafik Nilai Mean Laju Penggerjaan Material.....	IV-18
4.2 Grafik Nilai Rasio S/N Laju Penggerjaan Material .....	IV-18

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup.....	L1
Lampiran 2 Menimbang benda kerja setelah <i>difacing</i> .....	L2
Lampiran 3 Menimbang benda kerja setelah diproses replikasi 1 .....	L3
Lampiran 4 Menimbang benda kerja setelah diproses replikasi 2 .....	L4
Lampiran 5 Uji normalitas .....	L5
Lampiran 6 Uji homogenitas.....	L6
Lampiran 7 ANAVA.....	L7
Lampiran 8 Tabel VC.....	L8
Lampiran 9 F Tabel.....	L9
Lampiran 10 Sertifikat Baja.....	L10

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Proses penggerjaan logam dapat diklasifikasikan secara umum menjadi 2 yaitu *noncutting* (tanpa penyayatan) dan *cutting* (penyayatan). Manufaktur (*manufacturing*) dalam arti luas mencakup seluruh aktivitas manufaktur, mulai dari perencanaan dan perancangan produk hingga penjualan dan *service* purna jual, sedangkan dalam arti sempit berarti kegiatan mengolah bahan mentah menjadi produk jadi dengan mengubah bentuk, sifat dan/atau tampilan, menjadi komponen, dan merakitnya menjadi produk baru. Proses manufaktur pada umumnya dilakukan untuk proses pembuatan yang dalam skala besar dan kompleks.

Dunia industri manufaktur, keberhasilan suatu proses produksi sangat dipengaruhi oleh mesin-mesin produksi yang digunakan. Hal ini dikarenakan di tiap bengkel mesin konstruksi dan bengkel-bengkel penggerjaan logam, mesin-mesin ini banyak digunakan dalam pembuatan atau perbaikan komponen tertentu dalam suatu produk manufaktur. Salah satu mesin perkakas yang digunakan adalah mesin bubut. Mesin Bubut adalah mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang berputar. Bubut merupakan suatu proses pemakanan benda kerja dengan mensayat benda kerja yang berputar. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Proses bubut (*turning*) dalam industri manufaktur merupakan salah satu proses yang digunakan dalam pemotongan logam. Lebih kurang 80% dari keseluruhan kegiatan yang ada pada operasi proses pemotongan logam menggunakan proses bubut (Azib, 2017).

Proses pemotongan logam atau proses pemesinan merupakan salah satu proses penting dalam industri manufaktur, bahkan proses pemesinan telah menjadi inti dari industri manufaktur sejak revolusi industri. Penelitian tentang proses pemotongan logam biasanya difokuskan pada penentuan sifat mampu mesin material yang mencakup umur pahat, gaya potong, kekasaran permukaan

dan laju penggeraan material (Pamuji dan lusi, 2019). Salah satu indikator untuk produktivitas adalah *material removal rate* (MRR). Semakin tinggi *material removal rate* nya, maka semakin tinggi pula produktivitasnya. Efisiensi proses dan kualitas hasil dipengaruhi oleh masukan *material* dan penentuan parameter mesin bubut. Besarnya *material removal rate* pada proses bubut ditentukan oleh parameter pemesinan seperti *velocity of cutting*, *depth of cutting*, dan *feed rate*.

Penelitian yang dilakukan oleh Mukherjee, dkk (2014) tentang *optimization of material removal rate during turning of SAE 1020 material in cnc lathe using taguchi technique*. Pada hasil penelitian tersebut mereka menyimpulkan bahwa kedalaman potong memiliki pengaruh paling signifikan terhadap laju pembungan material (*Material Removal Rate*) dan diikuti oleh kecepatan pemakanan (*feed rate*), dengan meningkatkan kedalaman potong (*depth of cut*) maka laju pembuangan material (*Material Removal Rate*) juga ikut meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Wibolo, dkk (2015) tentang optimasi parameter pemotongan mesin bubut CNC terhadap kekasaran permukaan dengan geometri pahat yang dilengkapi dengan *chip breaker*. Hasil penelitian mereka mengungkapkan bahwa parameter yang paling signifikan untuk kekasaran adalah kecepatan potong, diikuti dengan kecepatan pemakanan dan radius *chip braker*. Berdasarkan optimasi, kecepatan potong yang direkomendasikan, kecepatan pemakanan, dan radius *chip breaker* adalah 30m/mt, 0,2819 mm/rev, dan 0,85 mm. Dengan menerapkan parameter didapatkan nilai kekasaran dan laju penbuangan material adalah 2.18  $\mu\text{m}$  dan 6230,80  $\text{mm}^3/\text{mt}$ .

Penelitian yang dilakukan oleh Dave (2012) tentang *Effect of machining conditions on MRR and surface roughness during CNC Turning of different Materials Using TiN Coated Cutting Tools – A Taguchi approach*. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa kedalaman potong memiliki pengaruh yang signifikan peran yang harus dimainkan dalam menghasilkan laju pembuangan material yang lebih tinggi dan sisipan memiliki peran penting untuk dimainkan untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih rendah. Dengan demikian,

dimungkinkan untuk meningkatkan penggunaan mesin dan menurunkan biaya produksi dalam lingkungan manufaktur.

Penelitian yang dilakukan oleh Salgar, dkk (2019) tentang *Optimization of Cutting Parameters During Turning of AISI 1018 using Taguchi Method*. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa rasio S/N dan *main effect plot* untuk MRR, dapat disimpulkan optimal. Parameter pemesinan untuk memaksimalkan tingkat laju pengerjaan material, dimana kecepatan potong pada sebesar 750m/ mnt, gerak umpan 0.07 mm/mnt, dan kedalaman pemotongan 0.5 mm adalah *setting* parameter yang disarankan untuk mendapatkan MRR yang tinggi.

Dari uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh kecepatan potong terhadap laju pengerjaan material pahat bubut jenis *insert* CNMG 120404-TF dan menggunakan cairan pendingin dromus. Adapun bahan yang digunakan adalah *AISI* 1045 dengan menggunakan metode eksperimen.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Apakah variasi kecepatan potong, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan mempengaruhi laju pengerjaan material.
- b. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan potong, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan terhadap laju pengerjaan material.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan potong terhadap laju pengerjaan material pahat bubut *insert* CNMG 120404-TF merk *iscar*.
- b. Untuk mengetahui variabel yang paling berpengaruh terhadap laju pengerjaan material pahat bubut *insert* CNMG 120404-TF merk *iscar*.

## **1.4 Batasan Masalah**

Agar penelitian dapat berjalan secara fokus dan terarah serta dapat mencapai tujuan yang diinginkan, batasan masalah yang digunakan adalah:

- a. Percobaan dilakukan pada mesin bubut horizontal MAWItec.
- b. Menggunakan pahat bubut insert carbide CNMG 120404-TF merk *iscar*.
- c. Kecepatan potong ditentukan yaitu 100 mm/mnt, 130 mm/mnt dan 160 mm/mnt.
- d. Putaran *spindel* ditentukan yaitu 1000 rpm, 1400 rpm dan 2000 rpm.
- e. Kecepatan makan ditentukan yaitu 0.3 mm/put, 0.4 mm/put dan 0.5 mm/put.
- f. Kedalaman pemotongan ditentukan yaitu 1 mm, 1.5 mm dan 2 mm.
- g. Benda kerja yang digunakan dari bahan Baja *AISI* 1045.
- h. Cairan pendingin yang digunakan adalah dromus B.
- i. Timbangan digital digunakan untuk menimbang benda kerja merk Ohaus.
- j. Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi benda kerja merk Mahr.

## **1.5 Sistematika Laporan**

- a. Bab I Pendahuluan

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, hipotesis (jika ada), ruang lingkup, dan sistematika laporan.

- b. Bab II Tinjauan Pustaka / Landasan Teori

Bab ini berisi tinjauan pustaka (jika ada) dan landasan teori. Isi tinjauan pustaka dan landasan teori hampir sama dengan yang disajikan pada proposal penelitian, namun sudah diperluas dan disempurnakan.

c. Bab III Cara / Metoda Penelitian

Pada bab ini terdapat uraian rinci tentang langkah-langkah dan metodologi penyelesaian masalah, bahan / materi TA, alat yang digunakan, Metoda pengambilan data atau metoda analisis hasil, dan masalah yang dihadapi disertai penyelesaiannya guna menjawab masalah yang ditimbulkan pada bab I dan didukung oleh landasan teori bab II.

Alat yang dipergunakan diuraikan dengan jelas dan jika memungkinkan disertai dengan gambar dan spesifikasinya. Metoda penyelesaian berupa uraian lengkap dan rinci mengenai langkah-langkah yang telah diambil dalam menyelesaikan masalah, jika memungkinkan dibuat dalam bentuk diagram alir (*flow chart*)

d. Bab IV Proses, Hasil, dan Pembahasan

Bab ini berisikan proses, hasil dan pembahasannya. Hasil TA hendaknya dalam bentuk tabel, grafik, foto/gambar atau dalam bentuk lain dan ditempatkan sedekat mungkin dengan pembahasan tentang hasil yang diperoleh dibuat berupa penjelasan teoritik, baik secara kualitatif, kuantitatif, atau statistik.

e. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini memberikan gambaran akhir dari penarikan kesimpulan untuk membuktikan hipotesis dan keberhasilan menjawab permasalahan yang ditemui. Saran dibuat berdasarkan pengalaman penulis ditujukan kepada para mahasiswa/peneliti dalam bidang sejenis yang ingin melanjutkan atau mengembangkan penelitian yang sudah dilaksanakan.

## **BAB II**

### **TINJUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Beberapa penelitian telah melakukan mengenai laju pengerjaan material, Wahid, dkk (2017) Melakukan penelitian tentang Optimasi *Multi Respon* Menggunakan *Metode Taguchi-Weighted Principal Component Analysis* (WPCA) Pada Proses Bubut Material St.60 Dengan Pendinginan Minimun *Quantity Lubrication* (MQL) yang menjadi objek penenelitian nya adalah St.60. Yang digunakan sebagai metode optimasi adalah *Kombinasi metode Taguchi dan Weighted Principal Component Analysis* (WPCA). Adapun rancangan percobaan yang digunakan adalah matriks ortogonal L27. *Setting* Parameter proses ditentukan antara lain gerak makan ,kecepatan potong, kedalaman potong dan jenis cairan pendingin. masing-masing parameter memiliki 3 level. Laju pengerjaan material mempunyai karakteristik respon semakin besar semakin baik serta kekasaran permukaan memiliki karakteristik respon yang optimal yaitu semakin kecil semakin baik. Pada hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa *Metode Taguchi-Weighted Principal Component Analysis* (WPCA) dapat menurunkan kekasaran permukaan serta meningkatkan laju pengerjaan material secara signifikan.

Pamuji dan Lusi (2019) melakukan penelitian untuk mengetahui kombinasi proses bubut pada material ST 60 menggunakan metode pendinginan yang ramah lingkungan untuk meminimalkan respon kekasaran permukaan dan memaksimalkan laju pemrosesan material secara bersamaan. Pendingin (oli larut dingin dan tekanan udara), putaran spindel (550 rpm, 700 rpm dan 1200 rpm), gerak umpan (0,053 mm / put., 0,103 mm / put dan 0,161 mm / put) dan kedalaman potong (0,125 mm) , 0,25 mm dan 0,5 mm) digunakan sebagai parameter proses penelitiannya. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat insert CNMG dengan radius sudut 0,4 mm. Serta menggunakan metode Desain eksperimental yang ditentukan dengan menggunakan metode Taguchi

berupa matriks ortogonal L18 (21x33). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa respon kekasaran permukaan dan laju penggeraan material yang optimal diperoleh dengan mengatur proses pendingin pada level 1 *Soluble oil* dingin, putaran spindel diatur pada level 3 pada 1200 rpm, gerakan makan diatur pada level 3 sebesar 0,161 mm / put. Dan kedalaman potong diatur pada level 3 sebesar 0,5 mm.

Gultom dan ajiza (2018) Melakukan penelitian tentang Sudut Potong Utama, Kecepatan Potong Dan Kedalaman Potong Dalam Proses Bubut Terhadap permukaan Slender Bar. Benda kerja yang digunakan dalam percobaan mereka adalah *slender bar* baja ST 42 dimensi Ø35 mm x 800 mm menggunakan sistem pencekaman *chuck-tailstock spindle*. Putaran mesin yang digunakan adalah 520 rpm dan 367 rpm serta feeding sebesar 0,07 mm/putaran dan 0,035 mm/putaran. Pahat yang digunakan adalah pahat *insert* jenis *carbide* dengan sudut potong utama  $K_r = 45^\circ$  dan  $K_r = 90^\circ$ . Hasil penelitian mereka menunjukkan pada proses bubut *slender bar* tanpa *follower rest*, dengan parameter pemesinan sudut potong utama  $K_r = 45^\circ$ , kecepatan potong 37,8 m/menit, dan pada kedalaman potong 2,2 mm terjadi *chatter* pada permukaan *slender bar*. Sedangkan untuk parameter pemesinan sudut potong utama  $K_r = 90^\circ$ , kecepatan potong 54,2 m/menit, dan pada kedalaman potong 1,8 mm terjadi *chatter* pada permukaan *slender bar*.

Ramesh, dkk (2016) Melakukan penelitian tentang *Optimization of MRR and surface roughness for turning of AA6061 using Taguchi method and PSO*. Penelitian mereka menggunakan metode *taguchi* dengan matrik *ortognal aray L9* untuk tiga parameter yakni kecepatan potong, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemotongan. Material yang digunakan adalah AA 6061 serta menggunakan pahat *carbide*. Pada penelitian mereka menggunakan *particle swarm optimazition (PSO)* untuk memaksimalkan MRR dan meminimalkan kekasaran permukaan. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa teknik PSO dapat diterapkan untuk kekasaran permukaan yang diprediksi berbeda, dimodelkan dengan menggunakan pendekatan konvensional yang berbeda (seperti DP, dan RSM) dan pendekatan non-konvensional (seperti JST, dan PSO itu sendiri). Dengan kata lain, teknik PSO tidak secara tegas memberikan pendekatan pemodelan tertentu

untuk digabungkan dengannya, dalam mencari nilai kekasaran permukaan dan MRR yang optimal. Penelitian mereka penting bagi peneliti untuk memberikan banyak alternatif dengan menggunakan berbagai pendekatan pencocokan antara pemodelan dan pendekatan optimasi untuk memberikan hasil nilai kekasaran dan MRR yang terbaik dalam suatu masalah optimasi.

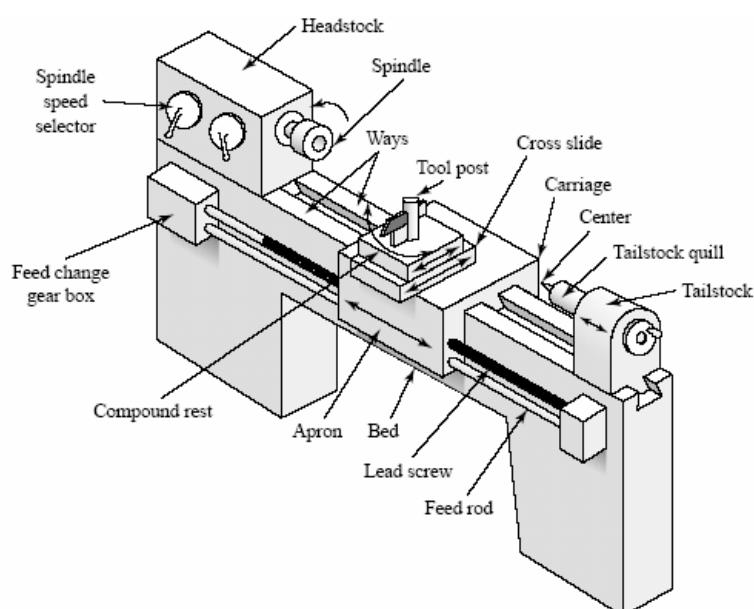
Nayak, dkk (2014) Melakukan penelitian tentang *Multi-Objective Optimization of Machining Parameters During Dry Turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steel Using Grey Relational Analysis*. Penelitian mereka bertujuan untuk menyelidiki pengaruh parameter pemesinan yang berbeda seperti kecepatan potong ( $V_c$ ), umpan ( $f$ ) dan kedalaman potong ( $a$ ) pada ukuran kinerja yang berbeda selama pembubutan kering baja tahan karat austenitik AISI 304. Menggunakan mata potong kelas ISO P30 *insert carbide* yang tidak dilapisi semen digunakan sebagai alat pemotong untuk tujuan penelitian mereka. L27 desain *array ortogonal* percobaan diadopsi dengan parameter pemesinan berikut:  $V_c = 25, 35, 45$  m / menit.,  $f = 0.1, 0.15, 0.2$  mm / rev. dan  $a = 1, 1.25, 1.5$  mm. Tiga karakteristik penting dari kemampuan mesin seperti laju penggeraan material (MRR), gaya potong (Fc), dan kekasaran permukaan (Ra) diukur. Upaya yang dilakukan selanjutnya untuk mengoptimalkan parameter pemesinan secara bersamaan menggunakan metode *grey relational analysis*. Kesimpulannya adalah kombinasi parametrik yang direkomendasikan berdasarkan kriteria-kinerja yang diamati (yaitu MRR, Fc dan Ra) ditemukan  $V_c = 45$ m / min,  $f = 0.1$ mm / rev,  $a = 1.25$ mm. Uji konfirmasi juga dilakukan untuk mendukung analisis dan peningkatan 88,78% di kelas *grey relational analysis* (GRG) diamati.

Sudjatmiko, dkk (2015) Melakukan penelitian tentang Optimasi parameter pemotongan mesin bubut CNC terhadap kekasaran permukaan dengan *Response Surface Methodology* (RSM) pada material AL-6061. Didapat suatu model regresi yang menggambarkan hubungan antara kombinasi parameter pemotongan dan radius *chip breaker* menghasilkan laju penggeraan material maksimum dan kekasaran permukaan yang minimum. Putaran spindel adalah pengaruh dominan terhadap permukaan kekasaran, sedangkan gerak makan dan putaran spindel sangat berpengaruh terhadap laju penggeraan material, diikuti oleh pemutus chip

radius. Hasil yang diperoleh secara berulang, menggunakan Pengoptimal Respon untuk kekasaran permukaan (SR) pada  $n = 950$  rpm,  $f = 90$  mm / put dan RCB = 1,44 mm menghasilkan SR 0,360  $\mu\text{m}$ , sedangkan *Response Optimizer* pada MRR pada  $n = 950$  rpm,  $f = 90$  mm / put dan RCB = 1,44 mm menghasilkan MRR 39,55 mm<sup>3</sup> / dtk.

## 2.2 Mesin Bubut

Mesin bubut termasuk mesin perkakas dengan gerak utama berputar. Mesin ini berfungsi untuk menghilangkan sebagian bahan benda kerja, membentuk benda kerja dengan berputar dan pengirisan dilakukan oleh alat iris/potong yang diam (Amstead, 1995). Bentuk akhir benda kerja bisa berupa: batang silindris, konis, dan ulir. Pengirisan dapat dilakukan di luar atau di dalam benda kerja. Pengambilan bagian material dengan proses pemakanan tatal (*chip*) menggunakan operasi pemotongan yang simultan atau berturutan sepanjang benda kerja atau membentuk coil/ulir. Bentuk akhir benda kerja bisa berupa: batang silindris, konis, dan ulir. Pengirisan dapat dilakukan di luar atau di dalam benda kerja, dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 Mesin bubut (Sastal, dkk. 2018)

Mesin bubut terdiri dari beberapa bagian. Bagian-bagian mesin bubut yang pada umumnya diketahui antara lain adalah sebagai berikut:

1. Kepala tetap (*head stock*)

Pada bagian ini terdapat:

- a. Transmisi roda gigi, untuk mengatur kecepatan putar benda kerja;
- b. Tuas (tangkai) untuk mengatur kecepatan;
- c. Pemegang benda kerja.

2. Kepala lepas (*tail stock*)

Pada bagian ini dapat dipasangkan center sebagai pendukung benda kerja yang panjang, juga dapat dipasangkan tangkai pemegang mata *drill* untuk proses pelubangan benda kerja dengan menggunakan mesin bubut.

3. *Bed* berfungsi sebagai tempat meluncurnya eretan (*carriage*), kepala lepas, dan *steady-rest*.

4. Eretan (*carriage*) berfungsi sebagai Tempat pemasangan alat potong.

5. Perlengkapan mekanik:

- a. Perlengkapan untuk membubut secara otomatis
- b. Perlengkapan untuk membubut ulir

6. Perlengkapan lain :

- a. Pencekam 4 (empat) rahang (*independent chuck*),

Digunakan untuk mencekam benda kerja berbentuk bulat (silindris) atau bentuk yang tidak teratur. Keuntungannya adalah rahangnya dapat diatur sendiri-sendiri untuk tujuan tertentu. Kerugiannya adalah untuk mencekam benda kerja lama.

- b. Pencekam 3 (tiga) rahang (*universal chuck*), Digunakan untuk menjepit benda kerja yang silindris, segi enam dengan cepat.

- c. *Steady rest* adalah alat penahan benda kerja yang panjang, ditempatkan di atas *bed* sesuai dengan keperluannya.

- d. *Follower rest*, fungsinya sama dengan *steady rest*, ditempatkan pada eretan. *Follower rest* selalu bergerak bersama-sama.

Elemen dasar pada proses bubut (*turning*) dapat diketahui atau dihitung menggunakan rumus yang dapat diturunkan berdasarkan rumus berikut ini:

Kecepatan spindel

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \text{ (Rpm)} \quad (1)$$

Kecepatan potong (*cutting speed*)

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (mm/menit)} \quad (2)$$

Kecepatan pemakanan

$$F = f \cdot n \text{ (mm/put)} \quad (3)$$

Kedalaman potong

$$a = \frac{d_0 - d_m}{2} \quad (4)$$

Laju penggeraan material

$$MRR = A \cdot V = Vc \cdot F \cdot a \text{ (cm}^3/\text{min}) \quad (5)$$

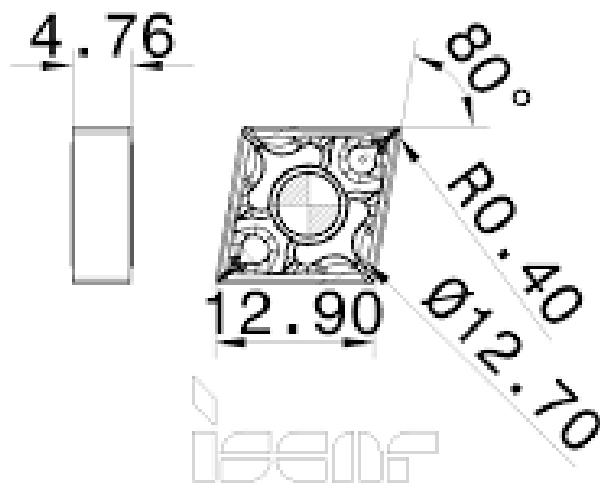
$$A = f \cdot a \text{ (cm}^2)$$

Dengan :

- Vc      = kecepatan potong (mm/mnt)
- F        = kecepatan pemakanan (mm/put)
- a        = kedalaman potong (mm)
- $d_0$      = diameter awal (mm)
- $d_m$      = diameter akhir (mm)
- n        = putaran spindel

### 2.3 Pahat Bubut

Pahat/Alat Potong merupakan suatu alat yang dipasang pada mesin perkakas dan berfungsi untuk memotong benda kerja atau membentuk benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Pada proses kerjanya pahat digunakan untuk menyayat benda kerja yang keras sehingga diharuskan material pahat harus lebih keras dari pada benda kerja yang akan dibubut, dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



**CNMG 120404 - TF**

Gambar 2.2 Pahat *insert CNMG* (sumber : *iscar manual book*)

Meterial pahat harus mempunyai sifat-sifat (Sastal, dkk. 2018):

1. Keras, kekerasan material pahat harus melebihi kekerasan material benda kerja yang disayat;
2. Tahan terhadap gesekan, material pahat harus memiliki ketahanan terhadap gesekan, hal ini bertujuan pada saat proses pemyayatan berlangsung pahat tidak mudah aus (berkurang dimensinya) untuk menjaga kualitas dan keakuratan dimensi dari benda kerja;
3. Ulet, pahat haruslah terbuat dari jenis meterial yang ulet, dikarenakan pada saat proses penyayatan pahat pasti akan mendapat beban kejut;
4. Tahan panas, pahat harus terbuat dari material tahan panas, karena pada saat pahat dan benda kerja bergesekan akan menimbulkan panas yang cukup tinggi

- (250°C-400°C) tergantung putaran dari spindel mesin (semakin tinggi putaran spindel mesin maka akan semakin tinggi pula suhu yang ditimbulkan);
5. Ekonomis, pahat harus bersifat ekonomis (pemilihan jenis material pahat harus disesuaikan dengan jenis penggerjaan yang akan dilakukan dan jenis material benda kerja).

Berikut adalah jenis material pahat yang secara berurutan dari yang paling lunak tetapi ulet sampai dengan yang paling keras tetapi getas, sebagai berikut baja karbon tinggi, baja kecepatan tinggi (HSS), paduan cor *nonferro*, karbida, dan *cubic baron nitride* (*CBN*).

#### 2.4 Baja karbon

Baja karbon terdiri dari 2 unsur yaitu besi dan karbon. Karbon merupakan unsur pengeras besi yang efektif dan murah. oleh sebab itu pada umumnya, sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya (Surdia, 1985). Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon dapat dibagi menjadi tiga kelompok. Ketiga kelompok tersebut antara lain:

- a. Baja karbon rendah (< 0,30 % C)

Baja karbon rendah memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi, tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah.

- b. Baja karbon sedang (0,30 % – 0.70 % C)

Baja karbon sedang memiliki ciri-ciri, antara lain : Memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada baja karbon rendah, lebih kuat dan keras daripada baja, karbon rendah dan tidak mudah dibentuk oleh mesin dan Dapat dikeraskan dengan mudah (*quenching*).

- c. Baja karbon tinggi (0,70 %-1,40 % C)

Baja karbon tinggi memiliki ciri-ciri sebagai berikut : Sangat kuat, keras dan tahan gesekan, Sulit dibentuk oleh mesin, mengandung unsur sulfur dan fosfor yang mengakibatkan kurangnya sifat liat dan dapat dilakukan proses *heat treatment* yang baik.

#### 2.4.1 Unsur baja AISI 1045

Adapun kandungan unsur yang terdapat pada baja karbon AISI 1045 menurut standar ASTM A 827-85 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Unsur baja karbon AISI 1045

Unsur	%	Sifat Mekanik Lainnya
Karbon	0.42-0.50	<i>Tensile strength</i>
Mangan	0.60-0.90	<i>Yield strength</i>
Sulfur	Maks 0.035	<i>Elongation</i>
Fosfor	Maks 0.040	<i>Reduktion in area</i>
Silican	0.15-0.40	<i>Hardness</i>

Sumber : AISI (*American Iron and Steel Institute*)

#### 2.4.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Adapun sifat-sifat mekanis yang terdapat pada baja karbon AISI 1045 menurut ASTM A 827-85 dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Sifat mekanis baja AISI 1045

Sifat Mekanis	Keterangan
Kekuatan	396 N/mm <sup>2</sup>
Tarik	
Kekuatan	380 N/mm <sup>2</sup>
Luluh	
ELongation	16% /mm <sup>2</sup>
Modulus	200 Gpa
Elastisitas	
Massa Jenis	7.89 gr/cm

Sumber : AISI (*American Iron and Steel Institute*)

### 2.5 Dromus B

*Dromus Oil* adalah minyak mineral hasil penyulingan yang dikomposisi (*additive*), *dromus oil* memberikan pendinginan yang baik dalam hal pelumasan dan perlindungan karat karena *dromus oil* digunakan pada berbagai penggerolan dan pekerjaan mesin lainnya. *Dromus oil* mempunyai tingkat kelarutan yang tinggi terhadap air, kombinasi ini dipilih karena cairan ini mempunyai tingkat kekentalan yang rendah serta didesain khusus sebagai media pendingin yang mampu berinteraksi langsung dengan logam (Mujahid, dkk. 2017).

*Dromus oil* yang sering digunakan ada dua jenis antara lain:

1. *Dromus oil* A adalah oli yang belum dicampur dengan air, dan berfungsi untuk membantu dalam proses membuat ulir dengan tab mesin atau tab serta frais,
2. *Dromus oil* B adalah *Dromus oil* A yang dicampur dengan air (1:20) berfungsi sebagai cairan pendingin pada proses bubut, frais, skrap, menggergaji, mengebor, dan menggerinda.

## 2.6 Metode Eksperimental

Eksperimental adalah Suatu penelitian yang berusaha melihat hubungan sebab akibat dari satu atau lebih variabel independen dengan satu atau lebih variabel kontrol. Peneliti melakukan manipulasi terhadap satu atau lebih variabel independen. Manipulasi berarti merubah secara sistematis sifat (nilai-nilai) variabel bebas sesuai dengan tujuan penelitian. Mengelompokkan subyek penelitian (lazim disebut responden) ke dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Dalam desain klasik, kelompok eksperimen adalah kelompok subyek yang akan dikenai perlakuan (*treatment*). Sedangkan yang dimaksud dengan perlakuan (*treatment*) adalah mengenakan (*exposed*) variabel bebas yang sudah dimanipulasi kepada kelompok eksperimen. Sedangkan kelompok kontrol adalah kelompok subyek yang tidak dikenai perlakuan. Membandingkan kelompok eksperimen yang dikenai perlakuan dengan kelompok kontrol yang tidak dikenai perlakuan. Pengaruh hubungan sebab akibat antara variabel independen dengan variabel dependen diperoleh dari selisih skor observasi masing-masing kelompok tersebut.

### 2.6.1 KARAKTERISTIK METODE EKSPERIMENT

Terdapat beberapa karakteristik khusus dalam pelaksanaan metode penelitian eksperimen yang membedakan dengan metode penelitian lainnya sebagai berikut:

1. Menghendaki pengaturan variabel-variabel dan kondisi-kondisi eksperimen baik dengan kontrol maupun dengan manipulasi langsung dan randomisasi.

2. Secara khas menggunakan kelompok kontrol sebagai garis batas untuk dibandingkan dengan kelompok eksperimen.
3. Memusatkan perhatian pada pengontrolan varian:
  - a. Dengan memaksimalkan varian variabel yang berkaitan dengan hipotesis penelitian. Cara untuk memaksimalkan varian variabel eksperimen ini adalah dengan menyusun desain penelitian dan membuat kondisi (kelompok) eksperimen menjadi sebeda mungkin satu dengan yang lainnya.
  - b. Dengan meminimalkan varian kesalahan, termasuk kesalahan pengukuran. Untuk mengatasi hal ini, perlu memberikan petunjuk secara jelas dan tegas kepada subyek penelitian (responden) serta menyingkirkan faktor-faktor situasi eksperimen yang tidak ada kaitannya dengan tujuan penelitian. Dalam hal ini menurut Kerlinger (1986:312) bisa dilakukan pula dengan meningkatkan keandalan (reliabilitas) alat ukur.
  - c. Dengan mengontrol variabel pengganggu (*extraneous variable*) atau variabel yang tidak diinginkan, yang mungkin mempengaruhi hasil eksperimen, tetapi bukan menjadi tujuan penelitian. Dalam hal ini Kerlinger (1986: 309) menjelaskan bahwa dalam hal meminimalkan varian variabel pengganggu dapat ditempuh: Pertama, jika mungkin mengeliminasi variabel tersebut (yang diduga mengganggu) sebagai variabel penelitian, dengan memilih subyek penelitian sehomogen mungkin. Kedua, dengan melakukan randomisasi atau pengacakan sempurna. Memasukkan subyek secara acak kedalam kelompok dan kondisi-kondisi, dan mengacak faktor-faktor lainnya dalam kelompok eksperimen. Ketiga, memasukkan variabel-variabel pengganggu tersebut ke dalam desain penelitian sebagai variabel bebas. *Keempat*, melakukan matching (penjodohan) terhadap subyek penelitian.
4. *Validitas Internal* merupakan suatu syarat yang tidak dapat ditolak (*sine qua non*) untuk rancangan ini, dan merupakan tujuan utama metode eksperimen. Pertanyaan yang perlu dijawab adalah apakah manipulasi eksperimen dalam studi ini benar-benar menimbulkan perbedaan ?

5. *Validitas Eksternal* yang menanyakan persoalan; seberapa jauh penemuan penelitian ini hasilnya dapat digeneralisasikan kepada subyek-subjek atau kondisi-kondisi yang sama. (dalam hal validitas internal dan eksternal akan dibahas tersendiri)
6. Dalam desain eksperimen klasik, semua variabel penting diusahakan agar konstan kecuali variabel perlakuan yang secara sengaja dimanipulasikan atau dibiarkan bervariasi. Kemajuan dalam metodologi, misalnya dalam desain faktorial (*Factorial Design*) dan analisis varian telah memungkinkan peneliti untuk memanipulasikan atau membiarkan bervariasinya lebih dari satu variabel, dan sekaligus menggunakan lebih dari satu kelompok eksperimen. Hal demikian ini memungkinkan untuk secara serempak menentukan
  - a. Pengaruh variabel bebas utama,
  - b. Variasi yang berkaitan dengan variabel-variabel yang digunakan untuk mengklasifikasikan,
  - b. Interaksi antar kombinasi variabel bebas dan/atau variabel yang digunakan membuat klasifikasi tertentu.
7. Metode eksperimen adalah metode yang paling kuat, sebab metode ini memungkinkan peneliti untuk mengontrol variabel-variabel yang relevan (yang diinginkan dalam penelitian), namun cara ini juga sangat membatasi (*restrictive*) dan terkesan dibuat-buat (*artificial*). Inilah yang merupakan kelemahan utama dalam metode eksperimen, terutama jika digunakan untuk meneliti manusia dalam situasi dunia nyata. Karena sering manusia berbuat lain manakala dibatasi, dimanipulasi dan diobservasi secara sistematis

### **2.6.2 Sumber data**

Data dalam penelitian dapat ditinjau dari dua sudut pandang, yaitu ditinjau dari asal usulnya. Data dapat dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder.

- a. Data primer

Data primer adalah data yang langsung diperoleh dari sumber data pertama dilokasi penelitian atau objek penelitian. Data primer dalam penelitian ini berupa daftar hasil percobaan yang telah dilaksanakan.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber kedua atau sumber sekunder dari data yang kita butuhkan. Sedangkan sumber data sekundernya adalah dokumentasi berupa arsip-arsip gambar/foto.

### 2.6.3 Tahapan analisis

Pada tahapan ini, pengumpulan dan pengolahan data dilakukan. Tahapan analisis ini meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu tampilan tertentu yang sesuai dengan metode yang ditentukan. Selain itu, data hasil percobaan dilakukan perhitungan dan pengujian data statistik.

a. Analisis variansi

Analisis variansi (ANOVA) ialah suatu teknik yang digunakan untuk penganalisis data yang telah disusun dalam desain secara statistik (Soejanto, 2009). Pada analisis ini, dilakukan dengan menguraikan seluruh variansi atas bagian-bagian yang diteliti. Pada tahap ini, akan dilakukan pengklasifikasian hasil percobaan menggunakan statistik yang sesuai dengan sumber variansi sehingga dapat mengidentifikasi kontribusi variabel. Maka akurasi perkiraan model dapat ditentukan. ANOVA digunakan sebagai media menganalisis data percobaan yang terdiri dari dua variabel atau lebih. Tabel ANOVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat (*sum of square*, SS), kuadrat tengah (*mean of square*, MS), dan  $F_{hitung}$  seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Tabel analisis variansi

Sumber Variasi	Db	SS	MS	$F_{hitung}$
Variabel A	$V_A$	$SS_A$	$MS_A$	$F_A$
Variabel B	$V_B$	$SS_B$	$MS_B$	$F_B$
Variabel C	$V_C$	$SS_C$	$MS_C$	$F_C$

Error	$V_{error}$	$SS_{error}$	$MS_{error}$
Total	$VT$	$SST$	

Sumber : *Software*

Dengan :

$$\begin{aligned} V_T &= \text{Derajat bebas total.} \\ &= N - 1 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} V_A &= \text{Derajat bebas variabel A.} \\ &= k_A - 1 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} V_B &= \text{Derajat bebas variabel B.} \\ &= k_B - 1 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} V_C &= \text{Derajat bebas variabel C.} \\ &= k_C - 1 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} V_{error} &= \text{Derajat bebas error.} \\ &= VT - V_A - V_B - V_C - V_{ABC} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} T &= \text{Jumlah keseluruhan.} \\ &= \sum_{i=1}^N y_i \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} CF &= \text{Variabel koreksi.} \\ &= \frac{T^2}{N} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} SS_T &= \text{Jumlah kuadrat total.} \\ &= \sum_{i=1}^N Y_i^2 - CF \\ &= \sum_{i=1}^N (Y_i - T)^2 \end{aligned} \quad (13)$$

$SS_A$  = Jumlah kuadrat variabel A. (14)

$$= \left[ \sum_{i=1}^{kA} \left( \frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - CF$$

$SS_A$  = Jumlah kuadrat variabel B. (15)

$$= \left[ \sum_{i=1}^{kB} \left( \frac{B_i^2}{n_{B_i}} \right) \right] - CF$$

$SS_A$  = Jumlah kuadrat variabel C. (16)

$$= \left[ \sum_{i=1}^{kC} \left( \frac{C_i^2}{n_{C_i}} \right) \right] - CF$$

$SS_E$  = Jumlah kuadrat error. (17)

$$= SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$$

$MS_A$  = Kuadrat tengah variabel A. (18)

$$= \frac{SSA}{vA}$$

$MS_B$  = Kuadrat tengah variabel B. (19)

$$= \frac{SSB}{vB}$$

$MS_C$  = Kuadrat tengah variabel C. (20)

$$= \frac{SSC}{vC}$$

$MS_E$  = Kuadrat tengah variabel error. (21)

$$= \frac{SSE}{vE}$$

$kA$  = Jumlah level variabel A

$kB$  = Jumlah level variabel B

$k_C$	=	Jumlah level variabel C
$N$	=	Jumlah total percobaan
$N_{Ai}$	=	Jumlah total pengamatan variabel A
$N_{Bj}$	=	Jumlah total pengamatan variabel B
$N_{Ck}$	=	Jumlah total pengamatan variabel C

### 1. Pengujian homogen

Pengujian varian homogen ini bertujuan untuk memenuhi apakah residual menpunyai penyebaran data yang sama. Hal ini dilaksanakan dengan memeriksa plot  $e_i$  terhadap  $\hat{Y}_i$  (secara visual). Jika data menyebar secara acak (disekitar garis nol) dan tidak menunjukkan pola-pola tertentu, maka uji homogen terpenuhi.

Menentukan  $F_{tabel}$  dengan taraf signifikansi 5% dan  $dk = n - 1$

Menentukan kriteria pengujian

- Jika nilai  $sig \geq 0.05$  berarti homogen
- Jika nilai  $sig \leq 0.05$  berarti tidak homogen

### 2. Pengujian Distribusi Normal

*Normal probability plot* pada perangkat komputasi statistik dapat digunakan untuk menyatakan residual suatu respon berdistribusi normal atau tidak. *Shapiro wilk normality test* digunakan dalam pengujian kenormalan residual. Hipotesis yang digunakan yaitu :

$H_0$  : residual berdistribusi normal,

$H_1$  : residual tidak berdistribusi normal,

$H_0$  ditolak apabila  $p\text{-value}$  lebih kecil daripada  $\alpha = 0,05$

### b. Rasio S/N

Rasio S/N (*Signal to Noise*) dipakai untuk memilih variabel-variabel yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Rasio S/N merupakan rancangan untuk transformasi pengulangan data ke dalam suatu nilai yaitu ukuran variasi yang timbul. Rasio S/N tergantung dari jenis karakteristik kualitas, yaitu (Soejanto, 2009):

1. Semakin kecil semakin baik

Ialah karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non-negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \quad (22)$$

2. Tertuju pada nilai tertentu

Ialah karakteristik kualitas dengan nilai target bukan nol dan terbatas sehingga nilai yang semakin mendekati target tersebut ialah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n} \right] \quad (23)$$

3. Semakin besar semakin baik

Ialah karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non-negatif sehingga nilai yang semakin besar ialah yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \quad (24)$$

## 2.7 Statistik Terapan

Statistik dalam arti sempit dapat diartikan sebagai data, tetapi dalam arti luas statistik dapat diartikan sebagai alat. Alat untuk analisis dan alat untuk membuat keputusan. Statistik Terapan merupakan alat analisis dalam bentuk “*Numerical Description*” untuk menjelaskan setiap data yang diperoleh dari populasi dan sampel, untuk kemudian dilakukan perkiraan, peramalan, dan pengambilan keputusan (Setyawarno, 2019).

Statistika merupakan salah satu ilmu matematika yang sering digunakan dalam analisis data. Statistik adalah alat pengolah kumpulan bahan keterangan (data), baik yang berwujud angka (data kuantitatif), maupun yang tidak berwujud

angka (data kualitatif) yang mempunyai arti penting dan kegunaan yang besar dalam memberikan gambaran tentang suatu keadaan.

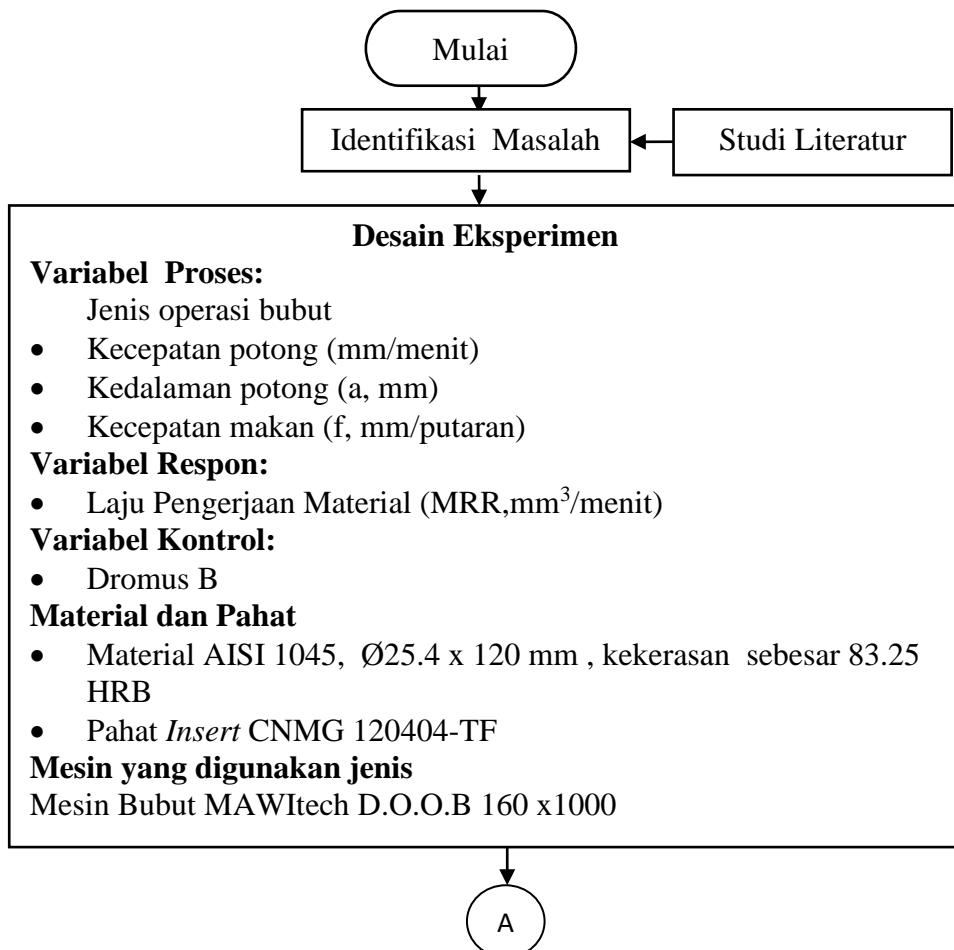
Dengan demikian statistika adalah ilmu yang mempelajari statistik, yaitu ilmu yang mempelajari bagaimana caranya mengumpulkan data, menyederhanakan data, menyajikan data, dan membuat kesimpulan berdasarkan informasi yang diperoleh dari sampel. Fungsi utama statistika dalam pendidikan adalah di bidang penelitian, misalnya untuk melihat perkembangan peserta didik atau siswa, menilai kesesuaian materi bahan ajar dan kebutuhan di lapangan, dan mengetahui keberhasilan suatu lembaga pendidikan.

## **BAB III**

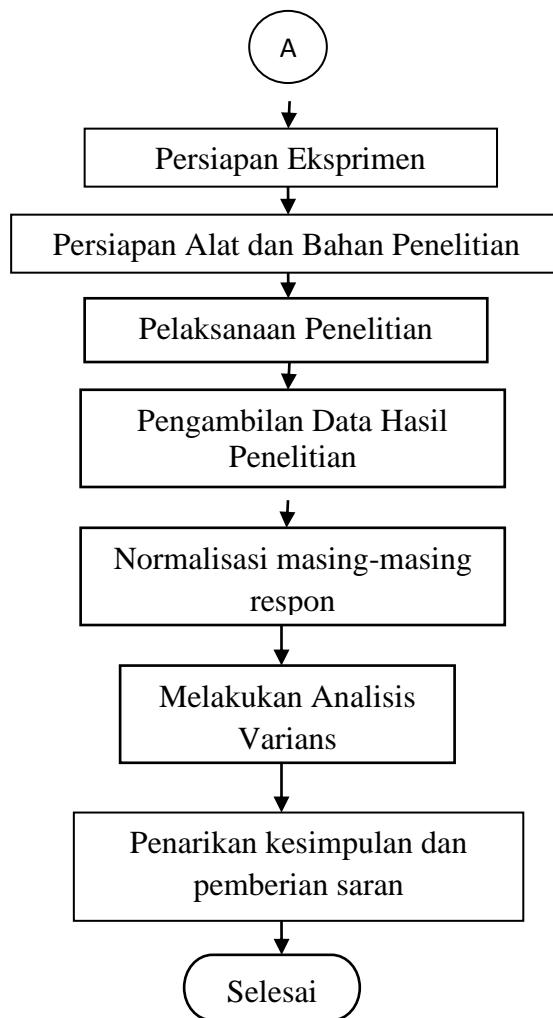
### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Penelitian**

Pada tahapan penelitian tugas akhir ini terdapat rancangan penelitian, sehingga memudahkan peneliti bagaimana melakukan penelitian ini. Desain penelitian atau alur proses penelitian adalah rencana dan struktur penyelidikan yang disusun sedemikian rupa sehingga peneliti dapat memperoleh jawaban untuk pertanyaan-pertanyaan pada penelitiannya. Penelitian ini akan dilakukan di Bengkel Mekanik Polman Babel, yang dapat dijelaskan pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian (Lanjutan)

### 3.2 Variabel Penelitian

Di dalam penelitian ini menggunakan variabel-variabel untuk mendapatkan data eksperimen sebagai berikut:

a. Variabel proses

Variabel proses merupakan nilai variabelnya dapat dikendalikan dan dapat ditentukan dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu dalam penelitian yang mengarah pada tujuan penelitian.

b. Variabel respon

Variabel respon merupakan nilai variabelnya tidak dapat ditentukan diawal dan akan dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan. Nilai variabel dapat diketahui setelah melakukan eksperimen.

c. Variabel kontrol.

Variabel kontrol merupakan variabel yang dibuat sama dalam suatu penelitian. Biasanya berupa faktor lain diluar perlakuan yang dikenakan pada objek penelitian, misalnya pengaplikasian dromus dengan cara dikuaskan pada saat pemotongan logam.

### 3.3 Karakteristik Respon Optimal

Variabel respon yang meliputi laju penggerjaan material (MRR, mm<sup>3</sup>/menit) memiliki karakteristik respon optimal. Karakteristik semakin besar semakin baik (*Larger is better*) digunakan respon untuk laju penggerjaan material (MRR, mm<sup>3</sup>/menit), hal ini berarti bahwa nilai laju penggerjaan material (MRR, mm<sup>3</sup>/menit) maksimum adalah yang paling diinginkan.

### 3.4 Bahan dan Peralatan

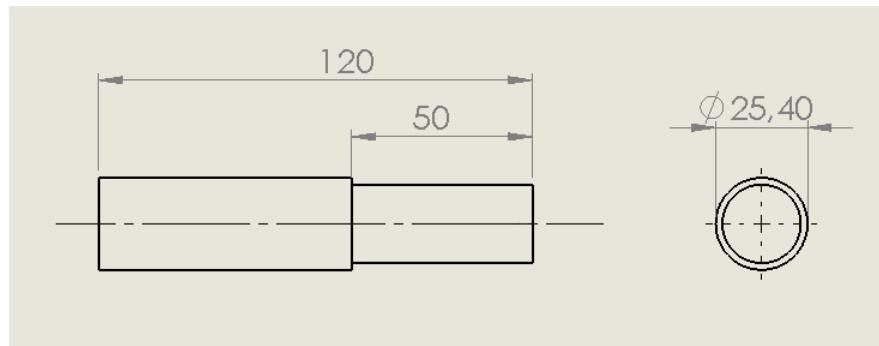
Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah:

a. **Benda Kerja**

Material benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah material baja AISI 1045, yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Material ini memiliki dimensi Ø25.4 x 120 mm dengan kekerasan sebesar 83.25 HRB (Aziza dan Pradani, 2017). Yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3.2 Benda Kerja



Gambar 3.3 Ukuran Benda Kerja ( Sumber : Software)

*AISI* 1045 merupakan baja yang banyak digunakan sebagai komponen otomotif misalnya roda gigi pada kendaraan bermotor. Adapun komposisi yang terkandung dalam baja *AISI* 1045 dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Komposisi baja *AISI* 1045

<i>Standard Designation</i>	<i>Grade, Class, Type, Symbol or Name</i>	<i>UNS Number</i>	<i>Weight, % max, unless otherwise Specified</i>			
ASTM	1045	G10450	C	Mn	P	S
			0.43- 0.50	0.60- 0.90	0.040	0.050

Sumber : AISI (*American Iron and Steel Institute*)

### b. Pahat *Insert CNMG*

Pahat yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa pahat *Insert CNMG* 120404-TF. Dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4 pahat *Insert CNMG* 120404-TF

### c. Mesin Bubut

Mesin bubut yang digunakan pada proses pengambilan data keausan pahat bubut adalah mesin bubut yang ada di bengkel mekanik Polman Babel. Spesifikasi mesin bubut dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan gambar mesin bubut Dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut:

**Tabel 3.2** Spesifikasi mesin bubut

<b>Merek</b>	<b>MAWItec</b>
<b>Type</b>	D.O.O.B 160 x1000
<b>Tahun Pembuatan</b>	1995
<b>Daya Motor</b>	4.3 Kw
<b>Rpm Maksimal</b>	2000 Rpm

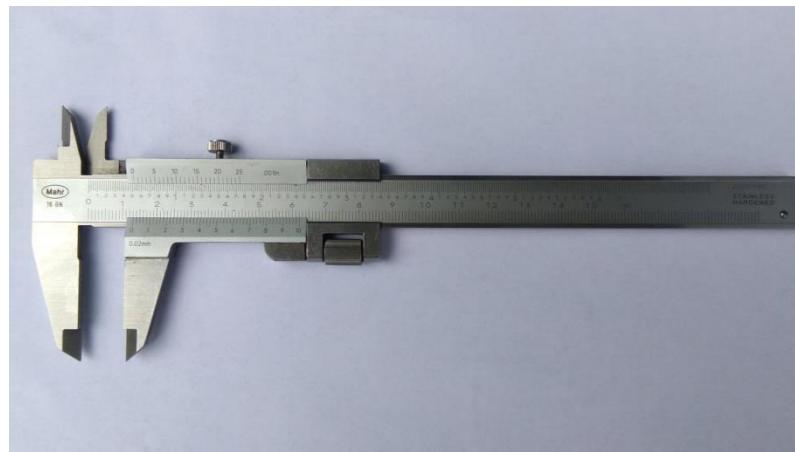
Sumber : *Manual book* MAWItec D.O.O.B 160x1000



Gambar 3.5 Mesin Bubut MAWItec

**c. Jangka Sorong**

Jangka Sorong digunakan untuk mengukur benda kerja. Dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut:



Gambar 3.6 Jangka Sorong

**d. Timbangan Digital**

Timbangan digital digunakan untuk menimbang benda kerja sebelum melakukan dan sesudah melakukan proses pembubutan. yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 sebagai berikut :



Gambar 3.7 Timbangan Digital

**3.5 Rancangan Percobaan**

a. *Setting Faktor Pada Mesin Bubut*

Rancangan eksperimental ini diawali dengan pemilihan total derajat kebebasan yang tergantung dari banyaknya variabel kontrol dan level dari masing-masing variabel tersebut. Dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini:

**Tabel 3.3** Variabel Proses dan Pengaturan Level

Variabel Proses		Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan Potong (VC)	m/menit	100	130
B	Kecepatan Pemakanan (F)	mm/put	0.3	0.4
C	Kedalaman Potong (a)	Mm	1	1.5

Berdasarkan banyaknya variabel proses dan jumlah level yang ditunjukkan pada Tabel 3.3, maka dilakukan perhitungan derajat kebebasan untuk menentukan total derajat kebebasan yang digunakan. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

**Tabel 3.4** Total Derajat Kebebasan Variabel Bebas dan Levelnya

No	Variabel Proses	Jumlah Level (K)	(K-1)
1	Kecepatan Potong (VC)	3	2
2	Kecepatan Pemakanan (F)	3	2
3	Kedalaman Potong (a)	3	2
Total			6

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3.4 didapatkan 6 derajat kebebasan untuk rancangan eksperimen ini, sehingga matrik matrik total derajat kebebasan yang digunakan adalah  $L_9 (3^3)$ . Matrik total derajat kebebasan jenis  $L_9$  memiliki 3 kolom dan 9 baris yang mampu digunakan untuk tiga buah variabel proses yang masing-masing memiliki 3 level, dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 berikut:

b. Faktor dan Level Penelitian

**Tabel 3.5** Variabel Proses Penelitian

Variabel Proses	Level	Nilai Variabel
Kecepatan Potong (VC)	1	100
	2	130
	3	160
Kecepatan Pemakanan (F)	1	0.3
	2	0.4
	3	0.5
Kedalaman Potong (a)	1	1
	2	1.5

**Tabel 3.6 Matrik Penelitian**

<b>Pahat</b>	<b>Parameter Pemesinan</b>		
	<b>VC</b>	<b>F</b>	<b>a</b>
Insert	100	0.3	1
	100	0.4	1.5
	100	0.5	2
	130	0.3	1.5
	130	0.4	2
	130	0.5	1
	160	0.3	2
	160	0.4	1
	160	0.5	1.5

Pengambilan data eksperimen ini dilakukan secara acak dengan parameter yang mengacu pada rancangan percobaan yang sesuai dengan matrik penelitian pada Tabel 3.6. Pada setiap eksperimen akan dilakukan dengan replikasi sebanyak dua kali untuk mewakili pengujian kehandalan data.

### 3.6 Prosedur Percobaan

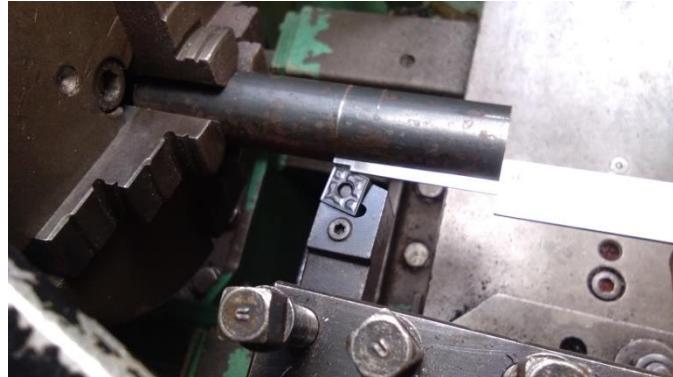
Langkah-langkah eksperimen yang akan dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan keausan pahat adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan benda kerja AISI 1045.
- Memasang spesimen pada *chuck* yang terdapat pada mesin bubut dan gunakan dial indikator untuk melakukan pemeriksaan bahwa benda kerja berada pada posisi terpusat. Dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut:



Gambar 3.8 Pencekaman BK di *chuck* mesin bubut

- c. Memasang pahat insert CNMG 120404-TF pada *tool post* dan men *setting* titik nol. Yang ditunjukan pada Gambar 3.9 berikut:



Gambar 3.9 Memasang pahat dan *Setting* titik nol

- d. Men *setting* RPM untuk *facing* benda kerja yaitu 1000 rpm.
- e. Melakukan pembubutan *facing* kedua sisi, hingga didapatkan ukuran panjang yakni 120 mm. Selanjutnya benda kerja diberi penomoran urut uji.
- f. Kemudian dilakukan setting RPM mesin bubut sesuai dengan urutan *setting* variabel yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan proses pembubutan sesuai dengan *setting* kombinasi variabel yang telah ditentukan pada spesimen uji sepanjang 50 mm, serta diberikan cairan pendingin. Yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 berikut:



Gambar 3.10 Proses pembubutan

- g. Melepaskan benda kerja dari *chuck* setelah proses pemotongan selesai.
- h. Melepas pahat bubut pada *tool post*.
- i. Mengulang kembali langkah keenam hingga kedelapan untuk spesimen dan variabel berikutnya.

Langkah-langkah untuk mengukur laju penggeraan material yaitu dengan menggunakan timbangan digital adalah sebagai berikut : Bersihkan benda kerja dari kotoran-kotoran, kemudian ditimbang terlebih dahulu setelah *difacing*, dapat dilihat pada Gambar 3.11 berikut :



Gambar 3.11 Menimbang benda kerja setelah *difacing*

Lalu ditimbang kembali setelah dibubut, selisih keduanya merupakan laju penggeraan material. Yang ditunjukkan pada Gambar 3.12 berikut :



Gambar 3.12 Menimbang kembali benda kerja setelah diproses

### 3.7 Analisis

Analisis dilakukan dengan menggunakan ANAVA dimana akan dilakukan pengumpulan data dan perhitungan serta pengujian data dengan statistik antara lain, uji normalitas, uji homogenitas, dan analisis varians pada data hasil percobaan.

### 3.7.1 Uji normalitas

Sebelum dilakukan analisis menggunakan ANAVA, data harus diuji normalitas terlebih dahulu. Pada penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan *software statistik*. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut :

Tabel 3.7 Uji Normalitas

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Data awal	.274	9	.050	.917	9	.367
Data akhir	.137	9	.200*	.952	9	.711

Sumber : Software

Dengan ketentuan hipotesis :

Jika nilai Sig > 0.05, maka data penelitian berdistribusi normal

Jika nilai Sig < 0.05, maka data penelitian tidak berdistribusi normal

Pada penelitian ini nilai Sig yang digunakan adalah nilai dari *shapiro-wilk*, dikarenakan data yang diteliti < 30. Berdasarkan Tabel 3.6 diketahui bahwa nilai Sig replikasi 1 = 0.367 dan nilai replikasi 2 = 0.711, dengan demikian nilai Sig replikasi 1 dan replikasi 2 > 0.05, maka data penelitian berdistribusi normal.

### 3.7.2 Uji Homogenitas

Setelah data di uji normalitas selanjutnya dilakukan uji homogenitas sebelum analisis menggunakan ANAVA. Pada penelitian ini, uji homogenitas dilakukan menggunakan *software statistik*. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut :

Tabel 3.8 Uji Homogenitas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.028	1	16	.870

Sumber : Software

Dengan ketentuan hipotesis :

Jika nilai Sig > 0.05, maka data dinyatakan Homogen

Jika nilai Sig < 0.05, maka data dinyatakan tidak Homogen

Berdasarkan Tabel 3.7 diketahui bahwa nilai Sig 0.870 > 0.05, maka data dinyatakan homogen. Sehingga analisis dapat dilanjutkan menggunakan ANAVA.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan**

Pengambilan data ini dilakukan dengan men *setting* kombinasi variabel - variabel proses yang terdapat pada mesin bubut MAWItech type D.O.O.B 160 x1000. Adapun Variabel - variabel yang diperkirakan berpengaruh terhadap respon laju pengerjaan material yaitu Kecepatan Potong (A), Kecepatan Pemakanan (B), dan Kedalaman Potong (C). Pada tahapan ini, setelah memiliki data pengujian, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data yang dilakukan menggunakan desain eksperimen dan pengolahan data yang dilakukan menggunakan cara perhitungan eksperimen dengan menggunakan *Software Statistik* untuk memperoleh faktor pelaksanaan pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Pengukuran laju pengerjaan material

Pengukuran laju pengerjaan material dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Data hasil percobaan secara keseluruhan ditunjukan pada pada Tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Data hasil percobaan

Eks p	Faktor			Data awal	Data akhir	Jumlah	Mean
	A	B	C				
1	100			14.54	11.631	26.171	13.086
2	100			18.94	20.04	38.98	19.490
3	100			31.943	31.047	62.99	31.495
4	130	0.3	1.5	18. 846	19.63	19.63	19.630
5	130	0.4	2	24.50	24.417	48.917	24.459
6	130	0.5	1	18.614	18.63	37.244	18.622
7	160	0.3	2	26.776	30.281	57.057	28.529
8	160		1	13.34	14.36	27.7	13.850

---

<b>9</b>	160	1.5	17.746	23.51	41.256	20.628
<b>Rata-rata</b>						21.088

Sumber : Hasil perhitungan dan pengukuran

#### **4.2 Penentuan Kombinasi Level Dari Variabel Untuk Respon Optimal**

Penentuan kombinasi level dari variabel untuk respon laju penggerjaan material yang optimal dapat dilakukan dengan perhitungan langsung dari hasil laju penggerjaan material. Pengaruh level dari faktor rata-rata laju penggerjaan material dapat dihitung dengan menghitung hasil nilai rata-rata laju penggerjaan material melalui kombinasi level dari setiap faktor yaitu :

Perhitungan rata-rata untuk Faktor A (kecepatan potong) :

$$A1 = 1/3 (13.086 + 19.490 + 31.495) = 21.357 \quad (1)$$

$$A2 = 1/3 (19.630 + 24.459 + 18.622) = 20.904 \quad (2)$$

$$A3 = 1/3 (28.529 + 13.850 + 20.628) = 21.002 \quad (3)$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor B (kecepatan pemakanan) :

$$B1 = 1/3 (13.086 + 19.630 + 28.529) = 20.415 \quad (4)$$

$$B2 = 1/3 (19.490 + 24.459 + 13.850) = 19.266 \quad (5)$$

$$B3 = 1/3 (31.495 + 18.622 + 20.628) = 23.582 \quad (6)$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor C (kedalaman pemakanan) :

$$C1 = 1/3 (13.086 + 18.622 + 13.850) = 15.186 \quad (7)$$

$$C2 = 1/3 (19.490 + 19.630 + 20.628) = 19.916 \quad (8)$$

$$C3 = 1/3 (31.495 + 24.459 + 28.529) = 28.161 \quad (9)$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari pengaruh faktor terhadap respon laju penggerjaan material, ketiga faktor yang diamati antara lain kecepatan

potong, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2 Respon rata-rata terhadap laju penggerjaan material

Faktor	Variabel Proses	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan Potong	21.357	20.904	21.002
B	Kecepatan Pemakanan	20.415	19.266	23.582
C	Kedalaman Pemakanan	15.186	19.916	28.161
<b>Total nilai rata-rata laju penggerjaan material = 21.088</b>				

Sumber : Hasil perhitungan dan pengukuran

Berdasarkan hasil respon rata-rata laju penggerjaan material pada setiap level dari variabel proses, maka dapat ditentukan untuk prediksi kombinasi variabel-variabel proses yang menghasilkan respon optimal. Kombinasi variabel-variabel proses untuk respon optimal dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini :

Tabel 4.3 Respon rata-rata faktor terhadap laju penggerjaan material

Variabel Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Kecepatan potong	Level 1	100 m/menit
Kecepatan Pemakanan	Level 3	0,5 mm/put
Kedalaman Pemakanan	Level 3	2 mm/put

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.3 Analisis Variansi dan Persen Kontribusi

Analisis variansi (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki kontribusi untuk mengurangi variasi respon laju penggerjaan material. Pada penelitian ini, ANOVA digunakan pada laju penggerjaan material yang merupakan respon yang mewakili keseluruhan respon.

#### 4.3.1 Analisis Variansi Rata-rata Laju Penggerjaan Material

Dengan melakukan metode analisis *two way anova* yang terdiri dari derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F rasio dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 SS_A &= \text{Jumlah kuadrat variabel A.} \\
 &= \left[ \sum_{i=1}^{kA} \left( \frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (10)
 \end{aligned}$$

Dimana :

$K_A$  = Jumlah level faktor A

$A_i$  = Level ke i faktor A

$n_{Ai}$  = Jumlah percobaan level ke i faktor A

$T$  = Jumlah seluruh nilai data

$N$  = Banyak data keseluruhan

### Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor A:

$$SS_A = \frac{A1^2}{n_{A1}} + \frac{A2^2}{n_{A2}} + \frac{A3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N} \quad (11)$$

Perhitungan *sum of square* Faktor A :

$$SS_A = \frac{64.071^2}{3} + \frac{62.711^2}{3} + \frac{63.007^2}{3} - \frac{189.789^2}{9} = 0.341 \quad (12)$$

Derajat kebebasan :

$$V_A = 3 - 1 = 2 \quad (13)$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_A = \frac{SS_A}{v_A} = \frac{0.341}{2} = 0.171 \quad (14)$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SST &= \sum Y^2 & (15) \\ &= (13.086)^2 + (19.490)^2 + (31.495)^2 + (19.630)^2 + (24.459)^2 \\ &\quad + (18.622)^2 + (28.529)^2 + (13.850)^2 + (20.628)^2 \\ &= 4304.638 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena *mean* :

$$\begin{aligned} SSm &= n \cdot \bar{Y}^2 & (16) \\ &= 9 \times (21.088)^2 & = 4002.207 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\
 &= 0.341 + 29.969 + 258.704 \\
 &= 289.014
 \end{aligned} \tag{17}$$

*Residual error* :

$$\begin{aligned}
 Sse &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} \\
 &= 4304.638 - 4002.207 - 289.014 \\
 &= 13.417
 \end{aligned} \tag{18}$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_A}{Sse} = \frac{0.341}{13.417} = 0.025 \tag{19}$$

**Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor B:**

$$SS_B = \frac{B1^2}{n_{B1}} + \frac{B2^2}{n_{B2}} + \frac{B3^2}{n_{B3}} - \frac{T^2}{N} \tag{20}$$

Perhitungan *sum of square* Faktor A :

$$SS_B = \frac{61.245^2}{3} + \frac{57.799^2}{3} + \frac{70.745^2}{3} - \frac{189.789^2}{9} = 29.969 \tag{21}$$

Derajat kebebasan :

$$V_B = 3 - 1 = 2 \tag{22}$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{29.969}{2} = 14.985 \tag{23}$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned}
 SS_T &= \sum Y^2 & (24) \\
 &= (13.086)^2 + (19.490)^2 + (31.495)^2 + (19.630)^2 + (24.459)^2 \\
 &\quad + (18.622)^2 + (28.529)^2 + (13.850)^2 + (20.628)^2 \\
 &= 4304.638
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena *mean* :

$$\begin{aligned}
 SS_m &= n \cdot \bar{Y}^2 & (25) \\
 &= 9 \times (21.088)^2 = 4002.207
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C & (26) \\
 &= 0.341 + 29.969 + 258.704 \\
 &= 289.014
 \end{aligned}$$

*Residual error* :

$$\begin{aligned}
 Sse &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} & (27) \\
 &= 4304.638 - 4002.207 - 289.014 \\
 &= 13.417
 \end{aligned}$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_B}{Sse} = \frac{29.969}{13.417} = 2.234 \quad (28)$$

**Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor C:**

$$SS_C = \frac{C1^2}{n_{C1}} + \frac{C2^2}{n_{C2}} + \frac{C3^2}{n_{C3}} - \frac{T^2}{N} \quad (29)$$

Perhitungan *sum of square* Faktor A :

$$SS_C = \frac{45.558^2}{3} + \frac{59.748^2}{3} + \frac{84.483^2}{3} - \frac{189.789^2}{9} = 258.704 \quad (30)$$

Derajat kebebasan :

$$V_C = 3 - 1 = 2 \quad (31)$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{29.969}{2} = 19.282 \quad (32)$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 & (33) \\ &= (13.086)^2 + (19.490)^2 + (31.495)^2 + (19.630)^2 + (24.459)^2 \\ &\quad + (18.622)^2 + (28.529)^2 + (13.850)^2 + (20.628)^2 \\ &= 4304.638 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena *mean* :

$$\begin{aligned} SSm &= n \cdot \bar{Y}^2 & (34) \\ &= 9 \times (21.088)^2 &= 4002.207 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C & (35) \\ &= 0.341 + 29.969 + 258.704 \\ &= 289.014 \end{aligned}$$

*Residual error* :

$$\begin{aligned} Sse &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} & (36) \\ &= 4304.638 - 4002.207 - 289.014 \\ &= 13.417 \end{aligned}$$

$$MS \text{ Residual error (MSe)} = \frac{Sse}{V_e} = \frac{13.417}{2} = 6.708 \quad (37)$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_C}{Sse} = \frac{258.7049}{13.417} = 19.282 \quad (38)$$

$$\begin{aligned}
 SStotal &= SS_A + SS_B + SS_C + SSE \\
 &= 0.341 + 29.969 + 258.704 + 13.417 \\
 &= 302.431
 \end{aligned} \tag{39}$$

Hasil perhitungan analisis variasi terhadap rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4 Analisis variansi rata-rata laju pengrajan material

<b>Faktor</b>	<b>V</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F-rasio</b>
<b>A</b>	2	0.341	0.171	0.025
<b>B</b>	2	29.969	14.985	2.234
<b>C</b>	2	258.704	19.282	19.282
<b>Error</b>	2	13.417	6.708	
<b>Total</b>	8	302.431		

Sumber : Hasil perhitungan

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh setiap faktor, maka  $SS'$  dihitung terlebih dahulu seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 SS'_A &= SS_A - MS_e (V_A) = 0.341 - 6.708 (2) \\
 &= -13,076
 \end{aligned} \tag{40}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_B &= SS_B - MS_e (V_B) = 29.969 - 6.708 (2) \\
 &= 16.553
 \end{aligned} \tag{41}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_C &= SS_C - MS_e (V_C) = 258.704 - 6.708 (2) \\
 &= 245.287
 \end{aligned} \tag{42}$$

$$\begin{aligned}
 Se &= SS_T - SS_A - SS_B - SS_C \\
 &= 302.431 - 0.341 - 29.969 - 258.704 \\
 &= 48.526
 \end{aligned} \tag{43}$$

Sedangkan persen kontribusi setiap faktor dihitung menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \quad (44)$$

$$\rho^A = \frac{-13,076}{302.431} \times 100\% = -4.32\% \quad (45)$$

$$\rho^B = \frac{16.553}{302.431} \times 100\% = 5.47\% \quad (46)$$

$$\rho^C = \frac{245.287}{302.431} \times 100\% = 81.11\% \quad (47)$$

$$\rho^e = \frac{48.526}{302.431} \times 100\% = 16.04\% \quad (48)$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata ditampilkan pada Tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Persen Kontribusi

Faktor	V	SS	MS	SS'	$\rho(\%)$
A	2	0.341	0.171	-6.367	-4.32
B	2	29.969	14.985	8.276	5.47
C	2	258.704	19.282	251.995	81.11
Error	2	13.417	6.708		16.04
Total	8	302.431			100

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa faktor yang memberikan kontribusi paling besar pada hasil laju penggerjaan material ditunjukan pada faktor C (Kedalaman pemakanan) dibanding dengan faktor lainnya yaitu sebesar 83.32%.

#### 4.4 Perhitungan Rasio S/N Dari Respon

Rasio S/N adalah suatu rancangan yang digunakan untuk melakukan transformasi pengulangan data kedalam suatu nilai ukuran variasi yang timbul. Nilai S/N tergantung pada jenis karakteristik kualitas dari setiap respon. Untuk mencari data yang memberikan pengaruh pada variasi kualitas untuk karakteristik semakin besar semakin baik (*larger-the-better*), data ditransformasi kedalam bentuk rasio S/N :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \quad (49)$$

Dimana :

$y_i$  = nilai laju penggerjaan material hasil penelitian

$n$  = jumlah replikasi (pengulangan)

Karakteristik kualitas yang menjadi tujuan perbaikan kualitas adalah memaksimalkan variabel untuk nilai laju penggerjaan material. Kualitas laju penggerjaan material yang diharapkan dalam penelitian ini adalah laju penggerjaan material paling besar. Laju penggerjaan material memiliki karakteristik kualitas semakin besar laju penggerjaan material maka akan semakin baik.

Dalam penelitian ini nilai yang diharapkan adalah laju penggerjaan material yang paling besar. Dengan pengulangan sebanyak 2 kali, maka perhitungan rasio S/N dapat dilihat di bawah ini :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/14.540^2}{2} + \frac{1/11.631^2}{2} \right] = 22.175 \quad (50)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/18.940^2}{2} + \frac{1/20.040^2}{2} \right] = 25.786 \quad (51)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/31.943^2}{2} + \frac{1/31.047^2}{2} \right] = 29.962 \quad (52)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/18.846^2}{2} + \frac{1/18.630^2}{2} \right] = 25.678 \quad (53)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/24.500^2}{2} + \frac{1/24.417^2}{2} \right] = 27.769 \quad (54)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/18.614^2}{2} + \frac{1/18.630^2}{2} \right] = 25.401 \quad (55)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/26.776^2}{2} + \frac{1/30.281^2}{2} \right] = 29.056 \quad (56)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/13.340^2}{2} + \frac{1/14.360^2}{2} \right] = 22.811 \quad (57)$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1/17.746^2}{2} + \frac{1/23.510^2}{2} \right] = 26.034 \quad (58)$$

Hasil perhitung rasio S/N terhadap rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 Hasil perhitungan S/N

Eksp	Faktor			Data awal	Data akhir	S/N
	A	B	C			
1	100	0.3	1	14.54	11.631	22.175
2	100	0.4	1.5	18.94	20.04	25.786
3	100	0.5	2	31.943	31.047	29.962
4	130	0.3	1.5	18.	19.63	25.678
				846		
5	130	0.4	2	24.50	24.417	27.769
6	130	0.5	1	18.614	18.63	25.401
7	160	0.3	2	26.776	30.281	29.056
8	160	0.4	1	13.34	14.36	22.811
9	160	0.5	1.5	17.746	23.51	26.034
<b>Rata-rata</b>					26.075	

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.4.1 Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Variasi Laju Pengerjaan Material

Perhitungan variabelitas nilai rasio S/N laju pengerjaan material melalui kombinasi level dari setiap faktor dapat dilihat pada perhitungan berikut ini:

$$A1 = 1/3 (22.175+ 25.786+ 29.962) = 25.974 \quad (59)$$

$$A2 = 1/3 (25.678+ 27.769+ 25.401) = 26,282 \quad (60)$$

$$A3 = 1/3 (29.056+ 22.811+ 26.034) = 25,967 \quad (61)$$

$$B1 = 1/3 (22.175+ 25.678+ 29.056) = 25,636 \quad (62)$$

$$B2 = 1/3 (25.786+ 27.769+ 22.811) = 25,455 \quad (63)$$

$$B3 = 1/3 (29.962 + 25.401 + 26.034) = 27,132 \quad (64)$$

$$C1 = 1/3 (22.175 + 22.175 + 22.811) = 23,462 \quad (65)$$

$$C2 = 1/3 (25.786 + 25.678 + 26.034) = 25,833 \quad (66)$$

$$C3 = 1/3 (29.962 + 27.769 + 29.056) = 28,929 \quad (67)$$

Untuk ketiga faktor utama yang amati kecepatan potong, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan, faktor responnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 respon dibawah ini :

Tabel 4.7 Respon rasio S/N laju penggerjaan material

	A	B	C
<b>Level 1</b>	25.974	25,636	23,462
<b>Level 2</b>	26,282	25,455	25,833
<b>Level 3</b>	25,967	27,132	28,929
<b>Selisih</b>	0.315	1.677	5.267
<b>Peringkat</b>	3	2	1

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.4.2 Analisis Varian Rasio S/N

Nilai rata-rata laju penggerjaan material dipengaruhi faktor jadi untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai rasio S/N juga dapat dilakukan menggunakan analisis *two way anova*. Perhitungan analisis variansi yang terdiri dari perhitungan derajad kebebasan, jumlah kuadrat, dan rata-rata jumlah kuadrat seperti perhitungan berikut ini :

**Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor A:**

$$SS_A = \frac{A1^2}{n_{A1}} + \frac{A2^2}{n_{A2}} + \frac{A3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N} \quad (68)$$

Perhitungan *sum of square* Faktor A :

$$SS_A = \frac{76.909^2}{3} + \frac{76.366^2}{3} + \frac{81.397^2}{3} - \frac{55070.521^2}{9} = 0.194 \quad (69)$$

Derajat kebebasan :

$$V_A = 3 - 1 = 2 \quad (70)$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_A = \frac{SS_A}{v_A} = \frac{0.194}{2} = 0.097 \quad (71)$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 & (72) \\ &= (22.175)^2 + (19.490)^2 + (31.495)^2 + (25.678)^2 + (27.769)^2 + \\ &\quad (25.401)^2 + (29.056)^2 + (22.811)^2 + (26.034)^2 \\ &= 6172.377 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena *mean* :

$$\begin{aligned} SSm &= n \cdot \bar{Y}^2 & (73) \\ &= 9 \times (26.075)^2 & = 6118.947 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C & (74) \\ &= 0.194 + 5.083 + 45.095 \\ &= 50.372 \end{aligned}$$

*Residual error* :

$$\begin{aligned} Sse &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} & (75) \\ &= 6172.377 - 6118.947 - 50.372 \\ &= 3.059 \end{aligned}$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_A}{Sse} = \frac{0.194}{3.059} = 0.064 \quad (76)$$

**Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor B:**

$$SS_B = \frac{B1^2}{n_{B1}} + \frac{B2^2}{n_{B2}} + \frac{B3^2}{n_{B3}} - \frac{T^2}{N} \quad (77)$$

Perhitungan *sum of square* Faktor A :

$$SS_B = \frac{76.909^2}{3} + \frac{76.366^2}{3} + \frac{81.397^2}{3} - \frac{55070.521^2}{9} = 5.083 \quad (78)$$

Derajat kebebasan :

$$V_B = 3 - 1 = 2 \quad (79)$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{5.083}{2} = 2.542 \quad (80)$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 & (81) \\ &= (22.175)^2 + (19.490)^2 + (31.495)^2 + (25.678)^2 + (27.769)^2 + \\ &\quad (25.401)^2 + (29.056)^2 + (22.811)^2 + (26.034)^2 \\ &= 6172.377 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena *mean* :

$$\begin{aligned} SSm &= n \cdot \bar{Y}^2 & (82) \\ &= 9 \times (26.075)^2 & = 6118.947 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C & (83) \\ &= 0.194 + 5.083 + 45.095 \\ &= 50.372 \end{aligned}$$

*Residual error* :

$$\begin{aligned} Sse &= SS_T - SSm - SS_{\text{faktor}} & (84) \\ &= 6172.377 - 6118.947 - 50.372 \end{aligned}$$

$$= 3.059$$

$$\text{F rasio} = \frac{SS_B}{SS_e} = \frac{5.083}{3.059} = 1.662 \quad (85)$$

**Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor C:**

$$SS_C = \frac{C1^2}{n_{C1}} + \frac{C2^2}{n_{C2}} + \frac{C3^2}{n_{C3}} - \frac{T^2}{N} \quad (86)$$

Perhitungan *sum of square* Faktor A :

$$SS_C = \frac{70.386^2}{3} + \frac{77.498^2}{3} + \frac{86.787^2}{3} - \frac{5070.521^2}{9} = 45.095 \quad (87)$$

Derajat kebebasan :

$$V_C = 3 - 1 = 2 \quad (88)$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{45.095}{2} = 22.547 \quad (89)$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 & (90) \\ &= (22.175)^2 + (19.490)^2 + (31.495)^2 + (25.678)^2 + (27.769)^2 + \\ &\quad (25.401)^2 + (29.056)^2 + (22.811)^2 + (26.034)^2 \\ &= 6172.377 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena *mean* :

$$\begin{aligned} SSm &= n \cdot \bar{Y}^2 & (91) \\ &= 9 \times (26.075)^2 & = 6118.947 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B + SS_C \quad (92)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.194 + 5.083 + 45.095 \\
 &= 50.372
 \end{aligned}$$

*Residual error :*

$$\begin{aligned}
 Sse &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} & (93) \\
 &= 6172.377 - 6118.947 - 50.372 \\
 &= 3.059
 \end{aligned}$$

$$\text{MS Residual error (MS}_e) = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{3.059}{2} = 1.529 \quad (94)$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_C}{SS_e} = \frac{45.095}{3.059} = 14.743 \quad (95)$$

$$\begin{aligned}
 SStotal &= SS_A + SS_B + SS_C + SSe & (96) \\
 &= 434.079 + 5.083 + 45.095 + (-430.826) \\
 &= 53.431
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis variasi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini :

Tabel 4.8 Analisis variansi rasio S/N laju pengrajaan material

Faktor	V	SS	MS	F-rasio
A	2	0,194	0,097	0,064
B	2	5.083	2,542	1,662
C	2	45.095	22,547	14,743
Error	2	3.059	1.529	
Total	8	53.431		

Sumber : Hasil perhitungan

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh setiap faktor, maka SS' dihitung terlebih dahulu seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 SS'_A &= SS_A - MS_e (V_A) = 0,194 - 1.529 (2) & (97) \\
 &= -3.057
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_B &= SS_B - MS_e (V_B) = 5.083 - 1.529 (2) & (98) \\
 &= 2.025
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_C &= SS_C - MS_e (V_C) = 45.095 - 1.529 (2) \quad (99) \\ &= 42.037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Se &= SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \quad (100) \\ &= 53.431 - (-3.057) - 2.025 - 42.037 \\ &= 6.312 \end{aligned}$$

Sedangkan persen kontribusi setiap faktor dihitung menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \quad (101)$$

$$\rho^A = \frac{-3.057}{53.431} \times 100\% = -2.50\% \quad (102)$$

$$\rho^B = \frac{2.025}{53.431} \times 100\% = 6.65\% \quad (103)$$

$$\rho^C = \frac{43.565}{53.431} \times 100\% = 81.54\% \quad (104)$$

$$\rho^e = \frac{6.312}{53.431} \times 100\% = 14.31\% \quad (105)$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rasio S/N ditampilkan pada Tabel 4.9 dibawah ini :

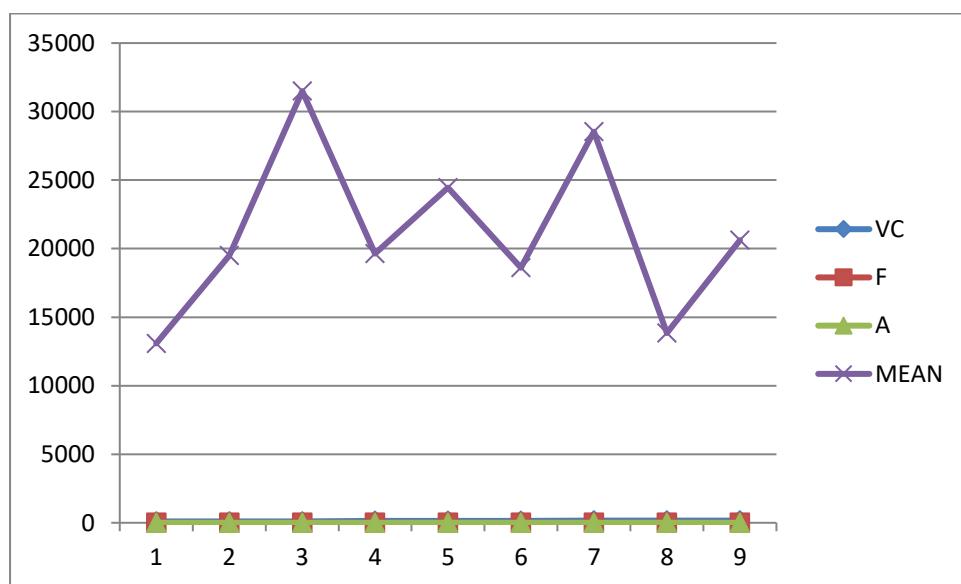
Tabel 4.9 Persen Kontribusi

Fakt or	V	SS	MS	S S'	$\rho$ ( %)
A	2	0.194	0.097	-1.335	- 2.50
B	2	5.803	2.542	3.554	6.65
C	2	45.09	22.54	43.565	81.5
		5	7		4
Error	2	3.059	1.529		14.3
Total	8	53.43			100
		1			

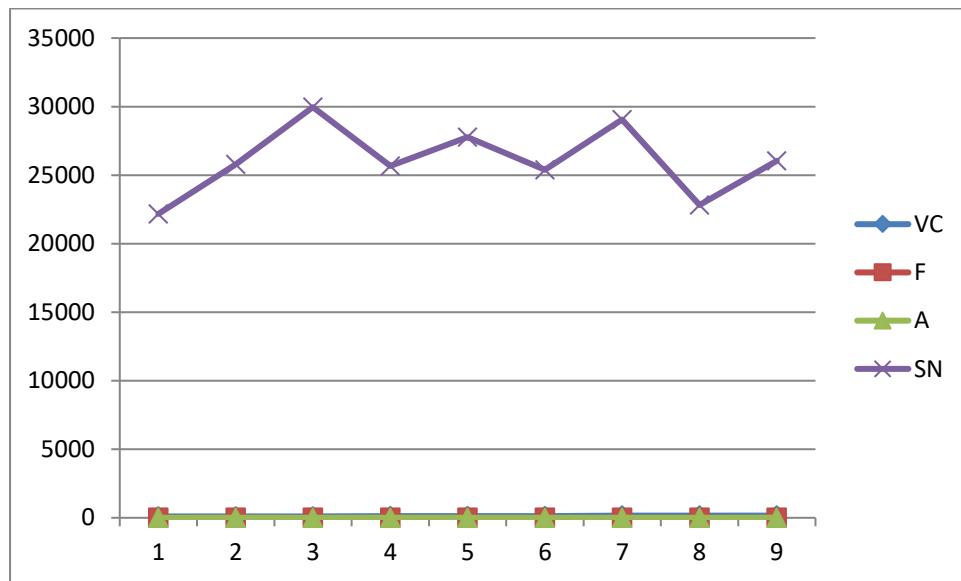
Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui bahwa faktor yang memberikan kontribusi paling besar pada hasil laju penggerjaan material ditunjukan pada faktor C (Kedalaman pemakanan) dibanding dengan faktor lainnya yaitu sebesar 81.54%

#### 4.5 Pembahasan



Gambar 4.1 Grafik nilai mean laju penggerjaan material



Gambar 4.2 Grafik nilai rasio S/N laju penggerjaan material

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya serta Gambar 4.1 Grafik nilai mean laju penggerjaan material dan Gambar 4.2 Grafik nilai rasio S/N laju penggerjaan material, maka diketahui bahwa kombinasi faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata dan variansi laju penggerjaan material adalah sama yaitu kecepatan potong (VC) 100 m/mnt, kecepatan pemakanan (F) 0.5 mm/put, dan kedalaman pemakanan (A) 2 mm.

#### 4.5.1 Hasil Perhitungan Rata-rata

Dari hasil perhitungan nilai rata-rata dengan menggunakan taraf interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95%. Taraf interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10. berikut ini :

Tabel 4.10. Hasil perhitungan rata-rata menggunakan software dengan taraf interval kepercayaan 95%

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	289.014 <sup>a</sup>	6	48.169	7.180	.127
Intercept	4002.207	1	4002.207	596.603	.002
VC	.341	2	.171	.025	.975
F	29.969	2	14.985	2.234	.309
A	258.704	2	129.352	19.282	.049

<i>Error</i>	13.417	2	6.708
<i>Total</i>	4304.638	9	
<i>Corrected Total</i>	302.431	8	

a.  $R^2 = .956$  (Adjusted  $R^2 = .823$ )

Berdasarkan Tabel 4.10, diketahui bahwa nilai  $F_{hitung}$  kedalaman pemotongan memiliki nilai paling besar yakni sebesar 19.282. Maka nilai  $F_{hitung}$  akan dibandingkan dengan nilai  $F_{tabel}$  dimana :

Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  = Tidak ada pengaruh terhadap laju penggerjaan material

Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  = ada pengaruh terhadap laju penggerjaan material

Mencari nilai  $F_{tabel}$  menggunakan rumus :

$Df1 = K - 1$  (Pembilang Numerator)

$Df2 = N - K$  (Penyebut Denumerator)

Ket :

$K$  = Jumlah variabel bebas

$N$  = Jumlah Percobaan

Maka didapatkanlah nilai  $F_{tabel}$  yakni 4.35, sehingga nilai  $F_{hitung}$  (19.282)  $>$   $F_{tabel}$  (5.71) = ada pengaruh terhadap laju penggerjaan material. Artinya kedalaman pemotongan memberikan pengaruh terhadap hasil laju penggerjaan material dengan persentase sebesar 81.11%, semakin besar kedalaman pemotongan maka akan semakin besar pula laju penggerjaan material yang dihasilkan.

#### 4.5.2 Hasil Perhitungan Rasio S/N

Dari hasil perhitungan nilai rasio S/N dengan menggunakan taraf interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95%. Taraf interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Hasil perhitungan rasio S/N menggunakan software dengan taraf interval kepercayaan 95%

<i>Source</i>	<i>Type III Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
---------------	--	-----------	------------------------	----------	-------------

<i>Corrected Model</i>	50.374 <sup>a</sup>	6	8.396	5.489	.162
<i>Intercept</i>	6118.942	1	6118.942	4000.660	.000
<i>VC</i>	.195	2	.097	.064	.940
<i>F</i>	5.084	2	2.542	1.662	.376
<i>A</i>	45.095	2	22.548	14.742	.064
<i>Error</i>	3.059	2	1.529		
<i>Total</i>	6172.375	9			
<i>Corrected Total</i>	53.433	8			

a. R Squared = .943 (Adjusted R Squared = .771)

Berdasarkan Tabel 4.11, diketahui bahwa nilai  $F_{hitung}$  kedalaman pemotongan memiliki nilai paling besar yakni sebesar 14.742. Maka nilai  $F_{hitung}$  akan dibandingkan dengan nilai  $F_{tabel}$  dimana :

Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  = Tidak ada pengaruh terhadap laju penggerjaan material

Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  = ada pengaruh terhadap laju penggerjaan material

Mencari nilai  $F_{tabel}$  menggunakan rumus :

$$Df1 = K-1 \text{ (Pembilang Numerator)}$$

$$Df2 = N-K \text{ (Penyebut Denumerator)}$$

Ket :

K = Jumlah variabel bebas

N = Jumlah Percobaan

Maka didapatkanlah nilai  $F_{tabel}$  yakni 4.35, sehingga nilai  $F_{hitung}$  (14.742)  $>$   $F_{tabel}$  (5.71) = ada pengaruh terhadap laju penggerjaan material. Artinya kedalaman pemotongan memberikan pengaruh terhadap hasil laju penggerjaan material dengan persentase sebesar 81.54%, semakin besar kedalaman pemotongan maka akan semakin besar pula laju penggerjaan material yang dihasilkan.

#### 4.6 Analisis

Nilai  $F_{hitung}$  rata-rata 19.282 dan rasio S/N 14.742  $>$   $F_{tabel}$  mengindikasikan bahwa kedalaman pemotongan tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon laju penggerjaan material secara signifikan, dibandingkan dengan

nilai  $F_{hitung}$  kecepatan potong rata-rata 0.025 dan rasio S/N 0.064 serta kecepatan pemakanan rata-rata 2.234 dan rasio S/N 1.662. Adapun uji hipotesis yang digunakan untuk  $H_0$  dan  $H_1$  menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut :

1. Variabel A (kecepatan potong)

$H_0$  :  $\tau_1 = \tau_2 = 0$  ( variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap laju penggerjaan material)

$H_1$  : paling sedikit ada satu  $\tau$  tidak sama dengan 0 ( ada perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap laju penggerjaan material)

Kesimpulan:  $F_{hitung}$  rata-rata = 0.025 dan rasio S/N 0.064 <  $F(0,05;2;6) = 5.71$  maka  $H_0$  diterima, artinya tidak adanya pengaruh variabel kecepatan spindel terhadap laju penggerjaan material

2. Variabel B (Kecepatan Pemakanan)

$H_0$  :  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$

$H_1$  : paling sedikit ada satu  $\beta$  tidak sama dengan 0

Kesimpulan:  $F_{hitung}$  rata-rata = 2.234 dan rasio S/N = 1.662 <  $F(0,05;2;6) = 5.71$ , maka  $H_0$  diterima, artinya tidak adanya pengaruh variabel (Kedalaman pemakanan terhadap laju penggerjaan material).

3. Variabel C (Kedalaman pemakanan)

$H_0$  :  $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = 0$

$H_1$  : paling sedikit ada satu  $\gamma$  tidak sama dengan 0

Kesimpulan:  $F_{hitung}$  rata-rata 19.282 dan rasio S/N 14.742 >  $F(0,05;2;6) = 5.71$  maka  $H_0$  ditolak  $H_1$  diterima, artinya terdapat pengaruh variabel kedalaman pemakanan terhadap laju penggerjaan material.

Kondisi hipotesis nol ( $H_0$ ) untuk masing-masing variabel proses ditunjukkan pada Tabel 4.12 di bawah ini:

Tabel 4.12 Kondisi hipotesis nol respon secara serentak

Sumber variabel	Kondisi $H_0$
-----------------	---------------

<b>VC</b>	Gagal ditolak/ diterima
<b>F</b>	Gagal ditolak/ diterima
<b>A</b>	Gagal Diterima/ ditolak

Sumber: Hasil dari analisis

Berdasarkan Tabel 4.12 menunjukkan bahwa variabel-variabel kecepatan potong, dan kecepatan pemakanan tidak berpengaruh terhadap laju penggerjaan material. Sedangkan kedalaman pemakanan mempengaruhi laju penggerjaan material. Variabel-variabel proses yang memiliki kontribusi yang besar terhadap total variansi dari laju penggerjaan material adalah kedalaman pemakanan, yaitu sebesar 81.11% dan 81.54%, diikuti oleh kecepatan pemakanan yang memiliki persen kontribusi sebesar 5.47% dan 6.65%, serta kecepatan potong memiliki persen kontribusi sebesar -4.32% dan -2.50%.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian didapatkan bahwa pengaruh kecepatan potong terhadap laju penggerjaan material *mean* sebesar -4.32% dan laju penggerjaan material S/N rasio sebesar -2.50%. Kedalaman pemotongan merupakan variabel pemesinan yang paling berpengaruh terhadap laju penggerjaan material ( $F_{\text{Hitung}} > F_{\text{Tabel}}$ ) dengan persentase *mean* sebesar 81.11% dan persentase S/N rasio sebesar 81.54% ,
2. Adapun variabel yang paling berpengaruh dari penelitian yang telah dilakukan adalah variabel kedalaman pemotongan.

#### **5.2 SARAN**

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kedalaman pemotongan yang direkomendasikan peneliti adalah maksimal 1.5 mm,
2. Kecepatan potong yang direkomendasikan peneliti tidak lebih dari 130 mm/mnt,
3. Perlu dilakukan penelitian terhadap temperatur benda kerja pada kedalaman pemotongan jika lebih dari 1.5 mm,
4. Pada penelitian selanjutnya bisa ditambahkan dengan variabel respon kekasaran permukaan,
5. Mesin bubut MAWItch D.O.O.B 160 x1000 perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

Aziza Yuliana dan Yayi Febdia Pradani. 2017. *Pengaruh kadar garam dapur (NaCl) dalam media pendinginan terhadap tingkat kekerasan pada proses pengerasan baja ST-60*. Jurnal Teknologi Terapan (G-Tech). Vol.1. No.1

Amstead. B.H., Bambang Priambodo. 1995. *Teknologi Mekanik Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Azib Fahim Barok Al. 2017. *Pengaruh variasi kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong pada mesin bubut terhadap tingkat keausan pahat HSS*. Artikel Skripsi Universitas Nusantara PGRI Kediri.

Burhan Bungin, Metodologi Penelitian Kuantitatif, (Jakarta: Prenada Media, 2005), hal.122

Dave H. K., L. S. Patel dan H. K. Raval. 2012. *Effect of machining conditions on MRR and surface roughness during CNC Turning of different Materials Using TiN Coated Cutting Tools – A Taguchi approach*. *International Journal of Industrial Engineering Computations* 3 (2012) 925–930

Eko Setyanto A.2016. Memperkenalkan Kembali Metode Eksperimen dalam Kajian Komunikasi. Jurnal ilmu komunikasi. Vol.3

Gultom Peniel Immanuel,dan Masrurotul Ajiza. 2018. Melakukan penelitian tentang Sudut Potong Utama, Kecepatan Potong Dan Kedalaman Potong Dalam Proses Bubut Terhadap permukaan Slender Bar. ISSN 2085-4218

Kerlinger, fred,N. 1986. *Foundation of Behavioral Research*. New York: Holt Rinehart dan Winstons

Mukherjee Sayak, Anurag Kamala, dan Kaushik Kumarb.2014. *Optimization of Material Removal Rate During Turning of SAE 1020 Material in CNC Lathe using Taguchi Technique*. *12th global congress on manufaktur and management, GCMM*.

Mujahid Ma'ruf , Wirawan Sumbodo dan Pramono. 2017. Pengaruh-pengaruh jenis coolant dan variasi side cutting edge angle terhadap kekasaran permukaan bubut tirus baja EMS 45. Vol 15

Nayak Shreemoy Kumar, Jatin Kumar Patro, Shailesh Dewangan,dan Soumya.2014. *Multi-Objective Optimization of Machining Parameters During Dry Turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steel Using Grey Relational Analysis*. *3rd International Conference on Materials Processing and Characterisation (ICMPC 2014)*

Nazaruddin Dr.-Ing. Yul Yunazwin.2014. Modul Pembelajaran SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*)

Pamuji Dian Ridlo dan Nuraini Lusi. 2019. Optimasi Parameter Proses Bubut Material St.60 Dengan Pendinginan Ramah Lingkungan Menggunakan Metode Taguchi-Grey. ISSN. 2477-6041. Vol.10 No.3

Rathi Vijayesh, Jasvinder Kumar,dan Gaurav Kochar. 2015. *Optimization of EN-31 Alloy Steel Metal Removal Rate on Centre Lathe. International Journal for Scientific Research & Development. ISSN (online): 2321-0613.Vol. 3*

Ramesh N, D.Lokanadham, dan N.Tejeswara Rao. 2016. *Optimization of MRR and surface roughness for turning of AA6061 using Taguchi method and PSO. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). e-ISSN: 2395 -0056. p-ISSN: 2395-0072. Vol.3*

Setyawarno Didik. 2019. Panduan SPSS 22 untuk penelitian pendidikan.

Sudjatmiko ,Darto,Rusdijanto,2015. Optimasi parameter pemotongan mesin bubut CNC terhadap kekasaran permukaan dengan Response Surface Methodology (RSM) pada material AL-6061. Info Teknik. Vol.16

Soejanto, I. 2009. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Surdia. T., Shinroku Saito. 1985. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Balai Pustaka. ISBN : 9786022600312.

Vinayak Mr. H. Salgar, Mr. Mohit M. Patil , Mr. Nitin S. More, Mr. Aditya S. Nikam, dan Ajay P. Dhawan. 2019. *Optimization of Cutting Parameters During Turning of AISI 1018 using Taguchi Method. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). e-ISSN: 2395-0056. p-ISSN: 2395-0072. Vol.6*

Wibolo Achmad, Slamet Wahyudi dan Sugiarto. 2011. Optimasi parameter pemotongan mesin bubut CNC terhadap kekasaran permukaan dengan geometri pahat yang dilengkapi dengan *chip breaker*. Jurnal Rekayasa Mesin. ISSN 0216-468X. Vol.2.

Wahid M. Abdul, Dian Ridlo P, Abdul Rohman dan Galang Sandy P. 2017. Optimasi Multi Respon Menggunakan Metode Taguchi-Weihted Principal Component Analysis (WPCA) Pada Proses Bubut Material St.60 Dengan Pendinginan Minimun *Quantity Lubrication* (MQL).ISSN. 2442-4471 / EISSN. 2581-2661 .Jurnal Elemen Vol.4 No. 2.

Zeptiawan Angga Sastal, Yuspiyan Gunawan dan Budiman Sudia. 2018. *Pengaruh kecepatan potong terhadap perubahan temperatur pahat dan keausan pahat bubut pada proses pembubutan baja karbon sedang*. ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin. e-ISSN: 2502-8944. Vol. 3. No .1

## LAMPIRAN 1

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

#### 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Erick Wiratama  
Tempat & Tanggal lahir : Toboali, 24 September 1998  
Alamat : Jl. Puput Toboali,kab. Bangka Selatan, kep. Bangka Belitung.  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Budha  
Telp : -  
Hp : 081995218513  
E-mail : erickwiratama1@gmail.com  
Hobi : Otomotif



#### 2. Riwayat Pendidikan

SDN 15 Toboali Lulus Tahun 2011  
SMPN 1 Toboali Lulus Tahun 2014  
SMKN 1 Toboali Lulus Tahun 2017

#### 3. Riwayat Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat,03 Maret 2021

Erick Wiratama

## LAMPIRAN 2

1. Menimbang benda kerja setelah di *facing*

Bk 1



Bk 2



Bk 3



Bk 4



Bk 5



Bk 6



Bk 7



Bk 8



Bk 9



### LAMPIRAN 3

1. Menimbang benda kerja setelah diproses replikasi 1

Bk 1



Bk 2



Bk 3



Bk 4



Bk 5



Bk 6



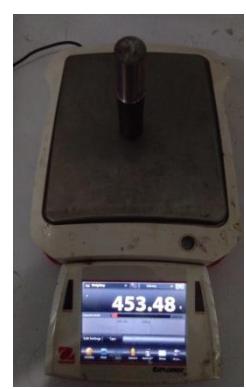
Bk 7



Bk 8



Bk 9



#### LAMPIRAN 4

1. Menimbang benda kerja setelah diproses replikasi 2

Bk 1



Bk 2



Bk 3



Bk 4



Bk 5



Bk 6



Bk 7



Bk 8



Bk 9



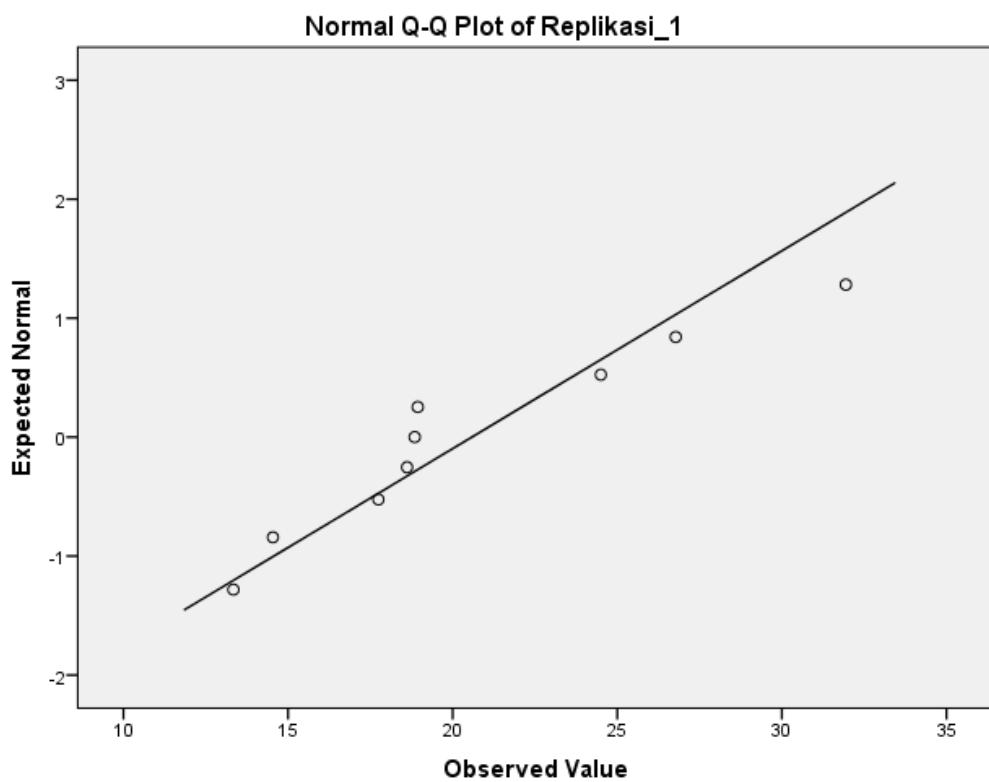
## UJI NORMALITAS

Tests of Normality

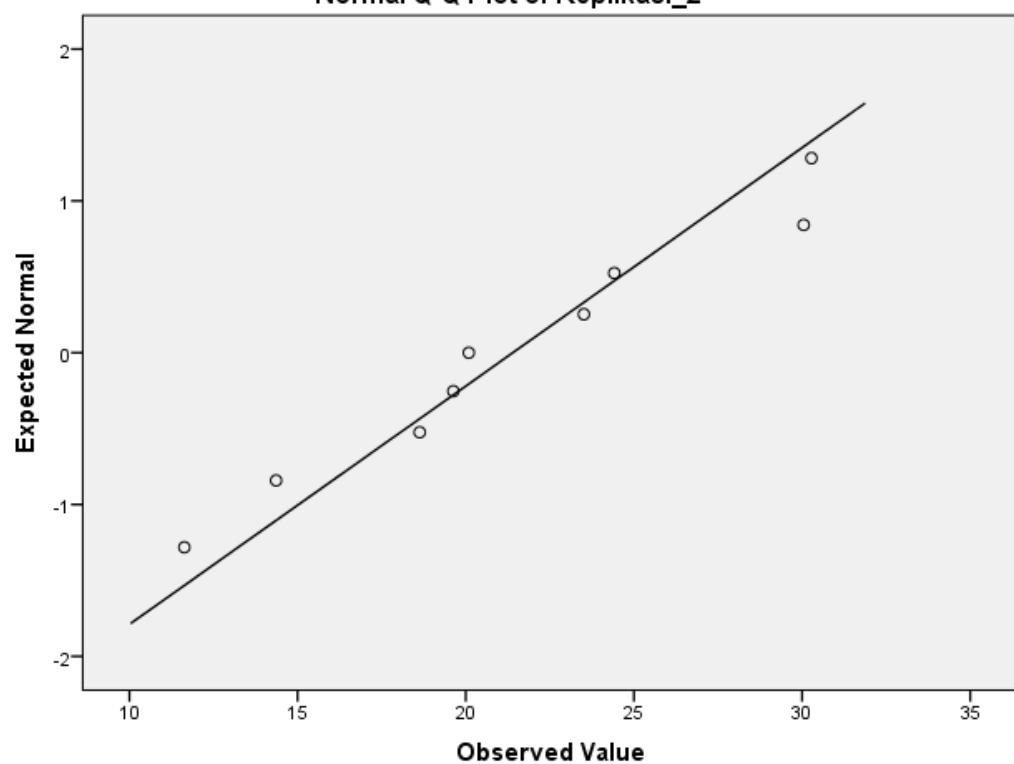
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Data awal	.274	9	.050	.917	9	.367
Data akhir	.137	9	.200*	.952	9	.711

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction



**Normal Q-Q Plot of Replikasi\_2**



## LAMPIRAN 6

### UJI HOMOGENITAS

#### Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.028	1	16	.870

## LAMPIRAN 7

### ANAVA

#### ANAVA MEAN

Dependent Variable: MEAN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	289.014 <sup>a</sup>	6	48.169	7.180	.127
Intercept	4002.207	1	4002.207	596.603	.002
VC	.341	2	.171	.025	.975
F	29.969	2	14.985	2.234	.309
A	258.704	2	129.352	19.282	.049
Error	13.417	2	6.708		
Total	4304.638	9			
Corrected Total	302.431	8			

a. R Squared = .956 (Adjusted R Squared = .823)

#### ANAVA RASIO S/N

Dependent Variable: SN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	50.374 <sup>a</sup>	6	8.396	5.489	.162
Intercept	6118.942	1	6118.942	4000.660	.000
VC	.195	2	.097	.064	.940
F	5.084	2	2.542	1.662	.376
A	45.095	2	22.548	14.742	.064
Error	3.059	2	1.529		
Total	6172.375	9			
Corrected Total	53.433	8			

a. R Squared = .943 (Adjusted R Squared = .771)

LAMPIRAN 8

MATERIAL	CUTTING SPEED (Vc) (M/MENIT)		
	BAJA PERKAKAS	HSS	CARBIDA
st. 34	20 – 30	20 – 35	150 – 250
st. 42	20 – 30	20 – 35	150 – 250
st. 50	11 – 17	16 – 26	120 – 200
st. 60	9 – 11	14 – 21	100 – 160
st. 70	9 – 11	14 – 20	80 – 140
st. 85	9 – 11	14 – 20	60 – 110
Besi Tuang	8 – 14	18 – 20	60 – 90
Alumunium	-	200 – 300	600 – 800
Bronze	-	20 – 45	150 – 250

## LAMPIRAN 9

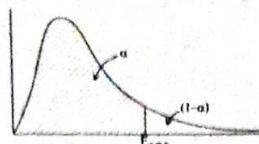


湖南华菱湘潭钢铁有限公司  
HUNAN WALIN XIANGTAN IRON AND STEEL CO., LTD.

棒材产品质量证明书  
ROUND BAR INSPECTION CERTIFICATE

## LAMPIRAN 10

Cumulative F Distribution (in Numerator and a Denominator Degrees of Freedom)



<i>m</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	60	120	1000
0.9	16.9	49.5	53.8	68.8	87.3	98.2	109.4	119.9	129.7	141.2	151.7	162.3	162.8	183.1	183.3		
0.85	18.4	59.5	61.7	79.6	101.2	120.2	139.5	158.9	178.5	198.5	218.5	238.5	248.5	256.1	252.2	253.3	254.2
0.8	19.1	69.9	70.2	84.1	101.1	121.1	141.1	161.1	181.1	201.1	221.1	241.1	241.1	261.1	261.1	261.1	261.1
0.75	20.0	79.9	80.2	93.1	108.1	128.1	148.1	168.1	188.1	208.1	228.1	248.1	248.1	268.1	268.1	268.1	268.1
0.7	20.9	89.0	89.3	102.4	118.4	138.4	158.4	178.4	198.4	218.4	238.4	258.4	258.4	278.4	278.4	278.4	278.4
0.65	21.9	98.0	98.3	111.5	128.4	148.4	168.4	188.4	208.4	228.4	248.4	268.4	268.4	288.4	288.4	288.4	288.4
0.6	22.9	106.0	106.3	120.5	137.4	157.4	177.4	197.4	217.4	237.4	257.4	277.4	277.4	297.4	297.4	297.4	297.4
0.55	23.9	114.0	114.3	129.5	146.4	166.4	186.4	206.4	226.4	246.4	266.4	286.4	286.4	306.4	306.4	306.4	306.4
0.5	24.9	122.0	122.3	138.5	155.4	175.4	195.4	215.4	235.4	255.4	275.4	295.4	295.4	315.4	315.4	315.4	315.4
0.45	25.9	130.0	130.3	147.5	164.4	184.4	204.4	224.4	244.4	264.4	284.4	304.4	304.4	324.4	324.4	324.4	324.4
0.4	26.9	138.0	138.3	155.5	172.4	192.4	212.4	232.4	252.4	272.4	292.4	312.4	312.4	332.4	332.4	332.4	332.4
0.35	27.9	146.0	146.3	163.5	180.4	190.4	210.4	230.4	250.4	270.4	290.4	310.4	310.4	330.4	330.4	330.4	330.4
0.3	28.9	154.0	154.3	171.5	188.4	208.4	228.4	248.4	268.4	288.4	308.4	328.4	328.4	348.4	348.4	348.4	348.4
0.25	29.9	162.0	162.3	179.5	196.4	216.4	236.4	256.4	276.4	296.4	316.4	336.4	336.4	356.4	356.4	356.4	356.4
0.2	30.9	170.0	170.3	187.5	204.4	224.4	244.4	264.4	284.4	304.4	324.4	344.4	344.4	364.4	364.4	364.4	364.4
0.15	31.9	178.0	178.3	195.5	212.4	232.4	252.4	272.4	292.4	312.4	332.4	352.4	352.4	372.4	372.4	372.4	372.4
0.1	32.9	186.0	186.3	203.5	220.4	240.4	260.4	280.4	300.4	320.4	340.4	360.4	360.4	380.4	380.4	380.4	380.4
0.05	33.9	194.0	194.3	211.5	228.4	248.4	268.4	288.4	308.4	328.4	348.4	368.4	368.4	388.4	388.4	388.4	388.4
0.01	34.9	202.0	202.3	219.5	236.4	256.4	276.4	296.4	316.4	336.4	356.4	376.4	376.4	396.4	396.4	396.4	396.4
0.001	35.9	210.0	210.3	227.5	244.4	264.4	284.4	304.4	324.4	344.4	364.4	384.4	384.4	404.4	404.4	404.4	404.4
0.0001	36.9	218.0	218.3	235.5	252.4	272.4	292.4	312.4	332.4	352.4	372.4	392.4	392.4	412.4	412.4	412.4	412.4
0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Tabel Distribusi F

