

**ANALISIS PENGARUH KECEPATAN SPINDLE DAN
KEDALAMAN PEMAKANAN TERHADAP TINGKAT
KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA HASIL
PEMESINAN BUBUT CNC PADA BAJA ST41**

*Analysis Effect Of Spindle Speed And Depth Of Cut Toward Surface Roughness
Level Of The St 41 Steel Workpiece Using Cnc Lathe Machining*

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan

Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur

Di jurusan teknik mesin

Oleh :

Marendi Nopiansyah

NIM : 1041719



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN dan MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA

BELITUNG

2021

**ANALISIS PENGARUH KECEPATAN SPINDLE DAN
KEDALAMAN PEMAKANAN TERHADAP TINGKAT
KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA HASIL
PEMESINAN BUBUT CNC PADA BAJA ST41**

*Analysis Effect Of Spindle Speed And Depth Of Cut Toward Surface Roughness
Level Of The St 41 Steel Workpiece Using Cnc Lathe Machining*

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan

Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur

Di jurusan teknik mesin

Oleh :

Marendi Nopiansyah

NIM : 1041719



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN dan MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA

BELITUNG

2021

**ANALISIS PENGARUH KECEPATAN SPINDLE DAN
KEDALAMAN PEMAKANAN TERHADAP TINGKAT
KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA HASIL
PEMESINAN BUBUT CNC PADA BAJA ST41**

*Analysis Effect Of Spindle Speed And Depth Of Cut Toward Surface Roughness
Level Of The St 41 Steel Workpiece Using Cnc Lathe Machining*

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan

Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur

Di jurusan teknik mesin

Oleh :

Marendi Nopiansyah

NIM : 1041719



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN dan MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA
BELITUNG**

2021

**ANALISIS PENGARUH KECEPATAN SPINDLE DAN KEDALAMAN
PEMAKINAN TERHADAP TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN
BENDA KERJA HASIL PEMESINAN BUBUT CNC PADA BAJA ST41**

Penulis :

Marendi Nopiansyah

NIM : 1041719

Penguji :

1. Ketua : Zulfitriyanto, S.S.T., M.T.
2. Anggota : YudiOktriadi, S.Tr., M.Eng
3. Anggota : ZaldyKurniawan, S.S.T., M.T.



Tugas akhir ini telah disidangkan pada tanggal 23 Februari 2021
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan.

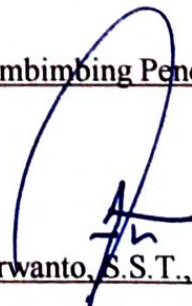
Pembimbing Utama,



Zulfitriyanto, S.S.T., M.T.

NIDN 0218107402

Pembimbing Pendamping,



Erwanto, S.S.T., M.T.

NIDN 0207097301

Ketua Jurusan,



Pristiansyah, S.S.T., M.Eng.

NIDN 0024018802

ABSTRAK

Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Berdasarkan nilai kekasaran permukaan yang minimal merupakan proses kerja mesin yang ingin dicapai pada proses bubut CNC Mori Seiki SL-25, perlu dilakukan penentuan penyetelan yang tepat dari parameter-parameter proses bubut CNC Mori Seiki SL-25 agar diperoleh kekasaran permukaan benda yang minimal. Parameter proses pemesinan yang divariasikan adalah kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan, dan kecepatan pemakanan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan penyetelan parameter guna mendapat kekasaran permukaan. Material yang digunakan adalah ST 41, serta data hasil penelitian dianalisis menggunakan ANAVA pada *software* statistik.

Hasil penelitian menunjukkan persen kontribusi dari variabel-variabel adalah kecepatan *spindle* sebesar 27,79%, kedalaman pemakanan sebesar 7,28% dan kecepatan pemakanan sebesar 7,28%. Dari hasil analisa, kombinasi variabel atau parameter proses pada proses bubut St41 yang dapat menghasilkan nilai respon paling optimal adalah kecepatan *spindle* sebesar 1526 rpm, kedalaman pemakanan sebesar 0,6 mm, dan kecepatan pemakanan 0,25 mm/rev.

Kata Kunci: CNC, kekasaran, eksperimen, parameter, ST 41, ANAVA

ABSTRACT

One of the ideal geometric characteristics of a component is a smooth surface. Based on the minimal surface roughness value which is the machine work process to be achieved in the Mori Seiki SL-25 CNC lathe process, it is necessary to determine the correct setting of the parameters of the Mori Seiki SL-25 CNC lathe process in order to obtain minimal surface roughness. The parameters of the machining process that were varied were spindle speed, infeed depth, and infeed speed.

This study used an experimental method, with parameter settings to obtain surface roughness. The material used was ST 41, and the research data were analyzed using ANAVA in statistical software.

The results showed the percent contribution of the variables was 27.79% spindle speed, 7.28% infeed depth and 7.28% infeed speed. From the analysis, the combination of variables or process parameters in the St 41 lathe that can produce the most optimal response value is the spindle speed of 1526 rpm, the infeed depth of 0.6 mm, and the feeding speed of 0.25 mm / rev.

Keywords: CNC, roughness, experimental, parameters, ST 41, ANAVA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat serta inayah-Nya, yang karena-Nya, penulis diberikan kekuatan dan kesabaran untuk menyelesaikan tugas akhir berjudul “Analisi Pengaruh Kecepatan *Spindle* Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pemesinan Bubut CNC Pada Baja St41”.

Tujuan penulisan tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Diploma pada Jurusan Teknik Mesin pada Prodi DIV Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.


Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis selalu mendapat bimbingan, dorongan, serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

1. Kedua Orang Tua Penulis Junaidi dan Selami serta seluruh keluarga saya yang selalu memberikan cinta kasih sayang, dukungan moral, doa yang tulus, dan materi serta telah mendidik, mengarahkan, dan memotivasi dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.

5. Bapak Zulfitriyanto, S.S.T., M.T. selaku pembimbing utama.
6. Bapak Erwanto, S.S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin dan Staf Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membekali saya ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun tugas akhir ini.
8. Segenap keluarga besar Kelas A Teknik Mesin dan Manufaktur 2017.
9. Sahabat, teman dan orang-orang terdekat dibalik layar yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Akhirnya, Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak disebutkan Penulis mohon maaf. Dengan besar harapan semoga penulisan tugas akhir ini yang ditulis oleh Penulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi Penulis sendiri dan umumnya bagi pembaca. Bagi para pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini semoga segala amal dan kebbaikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa, Aamiin.

Sungailiat, 23 Februari 2020


Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR RUMUS	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian	I-3
1.4 Batasan Masalah	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-3
1.6 Sistematika Laporan	I-3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Mesin Bubut (<i>Turning Machine</i>).....	II-1
2.1.1 Pengertian Mesin Bubut	II-1
2.1.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut	II-1
2.2 Mesin Bubut CNC	II-2
2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC	II-2
2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC.....	II-3
2.2.3 Bagian-Bagian Utama Mesin CNC	II-4
2.2.4 Parameter Mesin Bubut	II-5
2.3 Baja Karbon ST 41	II-6
2.4 Pengujian Homogenitas Dan Normalitas	II-8
2.5 Kekasaran Permukaan	II-8

2.6	Alat Potong	I-11
2.6.1	Pahat Sisipan <i>Insert</i>	II-11
BAB 3	METODE PENELITIAN	III-1
3.1	<i>Flowchart</i>	III-1
3.1.1	Identifikasi Masalah	III-2
3.1.2	Studi Pustaka	III-2
3.1.3	Rancangan Penelitian	III-2
3.1.4	Rancangan Eksperimen	III-3
3.1.5	Persiapan Percobaan	III-5
3.1.6	Bahan	III-8
3.1.7	Pelaksanaan Percobaan.....	III-9
3.1.8	Pengambilan Data Hasil Uji	III-10
3.1.9	Analisis Data.....	III-12
3.1.10	Kesimpulan.....	III-12
BAB 4	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1	Hasil Pengujian.....	IV-1
4.2	Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	IV-1
4.3	Penentuan Kombinasi Level Dari Parameter	IV-3
4.4	Analisis Variansi.....	IV-4
4.4.1	Analisi Variansi Rata-Rata Kekasaran Permukaan	IV-4
4.5	Perhitungan Rasio S/N.....	IV-7
4.5.1	Analisis Varian Rasio S/N.....	IV-10
4.6	Pembahasan	IV-13
4.6.1	Hasil Perhitungan Rata-Rata	IV-13
4.6.2	Hasil Perhitungan Rasio S/N	IV-14
4.7	Analisis	IV-15
4.8	Analisis Grafik.....	IV-17
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia St41.....	I-7
Tabel 2.2	Angka kekasaran menurut ISO atau DIN 4763: 1981.....	II-10
Tabel 2.3	Nilai Kekasaran Permukaan Ra Menurut Standar DIN.....	II-10
Tabel 3.1	VC/Kecepatan potong	III-3
Tabel 3.2	Parameter Proses	III-3
Tabel 3.3	Spesimen Pengujian Benda Kerja	III-4
Tabel 3.4	<i>Spesifikasi</i> Mesin	III-6
Tabel 3.5	Pengujian Kekasaran 3 Kecepatan <i>Spindle</i>	III-10
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Kekasaran	IV-1
Tabel 4.2	Data Hasil Percobaan	IV-2
Tabel 4.3	Respon Rata-Rata Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan	IV-3
Tabel 4.4	Kombinasi Variabel Proses Untuk Respon Optimal	IV-4
Tabel 4.5	Analisis Variansi Rata-Rata Kekasaran Permukaan	IV-7
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan S/N	IV-9
Tabel 4.7	Kombinasi Variabel Proses Untuk Respon Optimal	IV-9
Tabel 4.8	Respon Rasio S/N kekasaran Permukaan	IV-10
Tabel 4.9	Analisis Variansi Rasio S/N Kekasaran Permukaan.....	IV-13
Tabel 4.10	Hasil ANAVA Rata-Rata	IV-14
Tabel 4.11	Hasil ANAVA Rata-Rata Rasio SN	IV-15
Tabel 4.12	Kondisi Hipotesis Nol Respon Secara Serentak	IV-16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Bubut.....	II-2
Gambar 2.2	Gerakan Sumbu Utama Koordinat X dan Z.....	II-3
Gambar 2.3	Varibel-Variabel Dalam Profil Permukaan	II-9
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	III-1
Gambar 3.2	Mesin Gergaji Potong DOALL Model C-916.....	III-5
Gambar 3.3	Kikir	III-5
Gambar 3.4	Jangka Sorong	III-5
Gambar 3.5	Pahat <i>Insert Carbide</i> CNMG 120408-MA.....	III-6
Gambar 3.6	Mesin Bubut CNC NLX 2500.....	III-6
Gambar 3.7	Alat Uji Kekasaran <i>Surface Roughnes Tester</i>	III-8
Gambar 3.8	Benda Uji Baja St41.....	III-9
Gambar 3.9	Gambar Tahap Pengujian Kekasaran Benda kerja.....	III-10
Gambar 4.1	Grafik Uji Kekasaran 9 Pertama	IV-17
Gambar 4.2	Grafik Uji Kekasaran 9 Kedua.	IV-18
Gambar 4.3	Grafik Uji Kekasaran Rata-Rata	IV-18

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Kecepatan <i>Spindle</i>	I-5
Rumus 2.2 Kecepatan Pemakanan	II-6
Rumus 2.3 Kedalaman Pemakanan.....	II-6
Rumus 3.1 Rumus Ra.....	III-11
Rumus 4.1 Rumus SS.....	IV-4
Rumus 4.2 Rumus SN.....	IV-8

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2 Hasil Pengujian Kekasaran
- Lampiran 3 Hasil Perhitungan Mean
- Lampiran 4 Kombinasi Parameter Proses Untuk Respon Optimal
- Lampiran 5 Tes Normalitas Data
- Lampiran 6 Data Perhitungan Anava Dan SN
- Lampiran 7 Perhitungan Rpm
- Lampiran 8 Tabel VC Benda Kerja Dan Pahat
- Lampiran 9 Sertifikasi Benda Kerja
- Lampiran 10 Proses Pengerjaan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi industri manufaktur terus berkembang, sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, peningkatan produksi harus diimbangi dengan peningkatan kualitas hasil produksi. Proses pemesinan non-konvensional atau *Computer Numerical Control* (CNC) menjadi solusi pengerjaan ketika proses pengerjaan tidak dapat dilakukan dengan menggunakan mesin-mesin konvensional. Permintaan yang paling utama bukan hanya kualitas barang yang tinggi, tapi juga waktu proses yang singkat. Sehingga diharapkan proses produksi dapat dilakukan secara cepat, dalam jumlah yang banyak danuntutannya dengan kualitas yang sesuai tuntutan. Dengan proses produksi yang cepat maka akan meningkatkan efisien kerja sehingga pada akhirnya biaya produksi akan menjadi lebih efektif.

Untuk itu diperlukan sebuah mesin yang mampu memenuhi segala tuntutan-tuntutan dalam industri manufaktur. Salah satunya adalah mesin CNC bubut (*turning*). Dengan menggunakan mesin CNC, tingkat kepresisian atau ketepatan pengukuran yang tinggi dapat tercapai. Kelebihan dari mesin CNC adalah dalam memproduksi barang dengan jumlah besar, ketelitian yang tinggi, dan kecepatan yang tinggi. Dengan menggunakan program dan setingan yang sama, meskipun diulang berkali kali, maka produk yang dihasilkan akan sama. Produktivitas yang dihasilkan oleh mesin CNC yang memakai sistem komputer lebih besar dari pada dengan produktivitas yang dihasilkan oleh mesin konvensional.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan oleh mesin CNC adalah kekasaran permukaan benda kerja. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya (Abbas, 2013) pada proses pemesinan ukuran kualitas banyak dilihat dari kekasaran permukaan yang dihasilkan. Tingkat kekasaran permukaan merupakan parameter kualitas utama dari setiap proses pemesinan. Sedangkan menurut (Makmur, 2006) Mengatakan bahwa karakteristik suatu

kekasaran permukaan sangat penting untuk komponen mesin, karna ada hubungannya dengan gesekan, keausan dan pelumasan material.

Agar mencapai tingkat kekasaran permukaan yang rendah sesuai dengan standar, maka faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kekasaran pada proses pembubutan CNC adalah seperti yang dikatakan oleh (Prasetya, 2010), yaitu antara lain kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan, gerak pemakanan, kondisi mesin, bahan benda kerja, pahat, pendinginan, dan operator.

Pemilihan bahan benda kerja juga berpengaruh pada hasil pembubutan terutama berkaitan dengan kualitas kekasaran permukaan. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan benda kerja antara lain pertimbangan fungsi, pembebanan, kemampuan bentuk dan kemudahan pencarian di pasaran. (Nieman dalam Lesmono, 2013) Mempertimbangkan hal tersebut, maka material yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah material baja karbon rendah (St 41), karena material tersebut sering dipakai dalam komponen pemesinan, mampu dikerjakan dan mudah diperoleh di pasaran.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ardianto, 2010), tentang pengaruh kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan CNC pada baja st 40. Dari hasil penelitian mereka dapat menyimpulkan pengaruh antara kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pemesinan bubut CNC pada baja St 40, yang menghasilkan kekasaran paling kecil adalah pada kecepatan *spindle* 1250 rpm, kecepatan pemakanan 0,07 mm/rev, dan kedalaman pemakanan 0,25 mm yaitu sebesar 1,30 μm .

Penelitian yang dilakukan oleh (A zubaidi, 2012), tentang analisis pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan material FCD 40 pada mesin bubut CNC. Hasil dari analisis dapat disimpulkan harga *feeding* berpengaruh pada tingkat kekasaran permukaan, semangkin besar harga *feeding* semangkin besar tingkat kekasarannya. Dan kecepatan putar juga mempengaruhi tingkat kekasarannya semangkin cepat putarannya maka semangkin rendah tingkat kekasarannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat ditentukan rumusan masalah yang dilakukan pada penelitian ini adalah adakah pengaruh kecepatan *spindle* dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pemesinan bubut CNC pada baja ST 41.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh kecepatan *spindle* dan variasi kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pemesinan bubut CNC pada baja ST41.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan dapat tepat pada sasaran dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, oleh karena itu penelitian ini membatasi beberapa permasalahan yang diangkat, antara lain:

1. Proses pemesinan menggunakan mesin bubut CNC Mori Seiki SL – 25.
2. Dalam penelitian ini menggunakan benda kerja Baja ST 41.
3. Pahat yang digunakan adalah *Carbide CNMG 120408-MA*
4. Pengujian kekasaran menggunakan *Surface Roughness Tester*

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah data base tentang penyetelan parameter proses pada bubut CNC untuk melihat hasil kekasaran permukaan.
2. Dapat digunakan sebagai masukan dalam penyetelan mesin bubut CNC bagi operator agar mampu menghasilkan *output* produk dengan tingkat kekasaran yang sesuai.

1.6 Sistematika Pelaporan

Laporan penulisan tugas akhir ini menggunakan sistematika pelaporan yang dibekukan oleh Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Terdiri atas latar belakang masalah, perumusan masalah penelitian, hipotesis (jika ada), ruang lingkup, batasan masalah, dan sistematika pelaporan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA / LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan tinjauan pustaka (jika ada) dan landasan teori.

BAB III CARA / METODE PENYELESAIAN

Pada bab ini terdapat uraian rinci tentang langkah-langkah dan metodologi penyelesaian masalah, bahan atau materi TA, alat yang digunakan, metode pengambilan data atau metode analisis hasil, dan masalah yang dihadapi disertai dengan cara penyelesaiannya.

BAB IV PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan hasil dan pembahasan data yang di peroleh dari penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan *grafik*. Dilengkapi juga dengan analisis data dari semua parameter yang diambil.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan gambaran akhir dari penarikan kesimpulan untuk membuktikan hipotesis dan keberhasilan menjawab permasalahan yang ditemui.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan referensi yang digunakan dalam penulisan tugas akhir.

LAMPIRAN

Terdiri dari data-data dan gambar yang mendukung atau hal-hal yang dianggap perlu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Bubut (*Turning*)

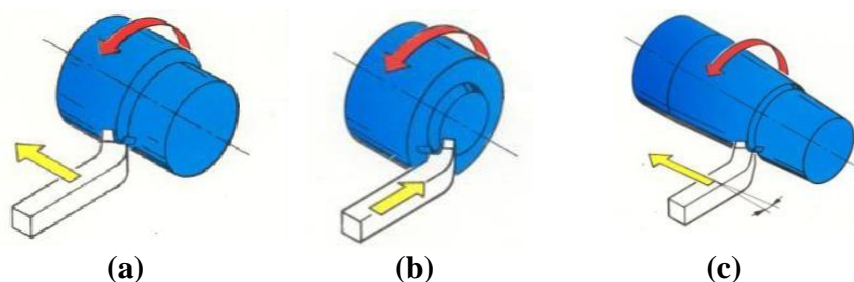
2.1.1 Pengertian Mesin Bubut

Mesin bubut (*lathe machining*) adalah mesin perkakas untuk tujuan proses pemotongan logam (*metal cutting process*). Kekhususan operasi mesin bubut digunakan untuk memproses benda kerja dengan hasil atau bentuk penampang lingkaran (benda kerja silinder). (Winoto, 2011)

2.1.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut

Pemesinan bubut merupakan salah satu dari berbagai macam proses permesinan dimana proses permesinan sendiri adalah proses pemotongan logam yang bertujuan untuk mengubah bentuk suatu benda kerja dengan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas. Jadi proses bubut dapat didefinisikan sebagai proses permesinan yang biasanya dilakukan pada mesin bubut dimana pahat bermata potong tunggal pada mesin bubut bergerak memakan benda kerja yang berputar, dalam hal ini pahat potong tunggal adalah gerak potong dan gerak *translasi* pahat adalah gerak makan (Rochim, 1993).

Secara umum terdapat beberapa gerakan utama pada sebuah mesin bubut. Yang pertama adalah gerakan pemakanan dengan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja atau biasa disebut dengan proses bubut rata. kemudian terdapat pemakanan yang identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja atau gerak pemakanannya menuju ke sumbu benda kerja, gerak pemakanan ini biasa disebut proses bubut permukaan (*surface turning*). Dan yang terakhir adalah proses bubut tirus (*taper turning*), proses bubut ini sebenarnya identik dengan proses bubut rata hanya jalannya pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. (widarto, 2008)



Gambar 2.1 Proses Bubut Rata (a), Bubut Permukaan (b) dan Bubut Tirus (c)

2.2 Mesin Bubut CNC

2.2.1 Pengertian Mesin bubut CNC

Mesin bubut CNC (*Computer Numerically Controlled*) merupakan salah satu bentuk pemanfaatan kemajuan teknologi komputer dimana pada mesin bubut CNC terdapat perpaduan teknologi komputer dengan teknologi mekanik. Dengan menggabungkan teknologi tersebut mesin bubut CNC dapat melakukan proses bubut dengan lebih teliti, lebih presisi, dan lebih *fleksibel*. Dengan keunggulan tersebut industri besar pada saat ini banyak menggunakan mesin bubut CNC karena mesin bubut CNC sangat cocok digunakan untuk produksi massal. Selain itu kualitas dan kuantitas yang dibutuhkan konsumen dapat terpenuhi oleh para produsen (Lilih, 2003).

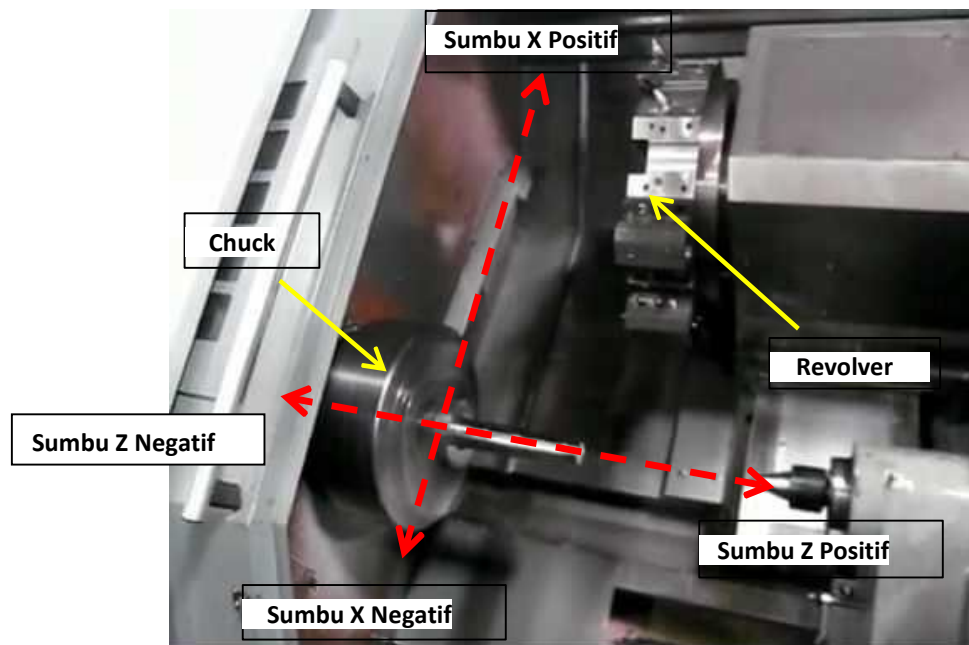
Oleh karena itu mesin CNC sendiri dapat diartikan sebagai suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa *numerik* dimana dengan susunan kode-kode yang sudah distandarisasikan dalam kode permesinan CNC mesin dapat bekerja sesuai dengan perintah kode tersebut (widarto, 2008).

Berdasarkan kondisi kerja di lapangan mesin bubut CNC secara garis besar di bagi menjadi dua golongan, yaitu mesin bubut CNC *training unit* dan mesin bubut CNC *production*. Prinsip kerja kedua mesin bubut CNC tersebut pada dasarnya adalah sama. Mesin bubut CNC *training unit* digunakan untuk pelatihan dasar pengoperasian dan pemrograman CNC yang dilengkapi dengan EPS (*External Programming System*) dan juga dapat digunakan untuk pekerjaan ringan. Sedangkan mesin bubut CNC *production* digunakan untuk

produksi massal, perbedaannya pada adalah mesin ini dilengkapi dengan modifikasi bermacam aksesoris sesuai dengan keperluan produksinya, misalnya mesin dilengkapi dengan sistem pembuka pintu otomatis, *chuck* dengan sistem otomatis atau hidrolik, pembuangan tatal dan lainnya (Lilih, 2003).

2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC

Secara umum prinsip kerja mesin bubut CNC sama dengan mesin bubut konvensional. Gerakan dasarnya ke arah melintang dan horizontal dengan sistim koordinat sumbu X dan Z, dan pada pemakannya benda kerja diletakkan dicekam yang berputar dan dimakan oleh pahat yang diam. Arah gerakan pada mesin bubut CNC diberikan lambang sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar dan sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar (widarto, 2008).



Gambar 2.2 Gerakan Sumbu Utama Koordinat X dan Z

2.2.3 Bagian – Bagian Utama Mesin CNC

1. Motor Utama

Motor utama adalah motor penggerak utama dari mesin bubut yang akan menggerakkan *spindle* cekam (*chuck*) untuk memutar benda kerja. Motor ini merupakan motor jenis arus searah (DC) dengan kecepatan putar variabel.

2. Eretan

Eretan adalah penggerak sumbu pada jalannya mesin. Untuk mesin CNC dibedakan menjadi dua bagian sumbu yaitu:

- a. Eretan memanjang (sumbu Z)
- b. Eretan melintang (sumbu X)

3. Step Motor

Step motor berfungsi untuk menggerakkan eretan pada mesin bubut, yaitu memiliki gerak sumbu X dan gerakan sumbu Z. Dimana gerak sumbu X bertujuan untuk melakukan pemotongan benda kerja sedangkan pada arah sumbu Z bertujuan untuk menyayat benda kerja.

4. Rumah Alat Potong

Rumah alat potong berfungsi sebagai penjepit alat potong pada saat proses pengerjaan benda kerja. Adapun alat yang dipergunakan disebut *revolver* atau *toolturret*, *revolver* digerakan oleh *step* motor sehingga bias bergerak secara terprogram.

5. Cekam (*Chuck*)

Cekam pada mesin bubut berfungsi untuk menjepit benda kerja pada saat proses pemotongan berlangsung.

6. Meja Mesin

Meja mesin atau *sliding bed* sangat mempengaruhi kualitas hasil pekerjaan menggunakan mesin bubut ini, hal ini dikarenakan gerakan memanjang eretan (gerakan sumbu Z) tertumpu pada kondisi *sliding bed* ini. Jika kondisi *sliding bed* sudah aus atau cacat bisa dipastikan hasil pembubutan menggunakan mesin ini tidak akan maksimal, bahkan benda kerja juga rusak.

7. Bagian Pengendali/kontrol

Bagian pengendali/kontrol merupakan *box control* mesin CNC yang berisikan tombol-tombol dan saklar yang dilengkapi dengan monitor. Pada *box control* merupakan unsur layanan yang berhubungan langsung dengan operator.

2.2.4 Parameter Mesin Bubut

Proses permesinan merupakan proses pemotongan logam berbentuk silindris, dalam mesin bubut terdapat rumus untuk menghitung beberapa parameter pemotongan benda kerja. Parameter pemotongan tersebut dapat dicari dengan memperhatikan kondisi pemotongan. Tiga parameter proses pembubutan yaitu kecepatan putar (*speed*), gerak pemakanan (*feeding*), dan kedalaman potong (*depth of cut*).

1. Kecepatan Putar Spindle

Proses pemesinan ada banyak faktor yang mempengaruhi tentang kekasaran suatu benda kerja, salah satunya adalah kecepatan putaran *spindle*. Menurut (widarto, 2008) kecepatan putaran n (*speed*), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (*spindle*) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putara per menit (*rotation per minute, rpm*). Jadi kecepatan putaran mesin bubut dapat disimpulkan sebagai kemampuan kecepatan putar *spindle* suatu mesin bubut untuk melakukan pemyayatan menggunakan alat potong terhadap permukaan benda kerja dalam satuan putaran/menit.

$$v = \frac{v \times d \times n}{1000} \text{ m/min} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana: V= Kecepatan Potong (mm/min)

D= Diameter Benda Kerja (mm)

n= Kecepatan Putar (rpm)

Jadi dapat disimpulkan bahwa kecepatan putaran *spindle* (rpm) sebanding dengan kecepatan potong (m/menit), sehingga semakin tinggi kecepatan putaran *spindle*, maka semakin besar juga kecepatan potongnya.

2. Kecepatan Pemakanan (*feeding*)

Kecepatan pemakanan, F (*feed*) adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan f adalah mm/putaran.

$$Vf = f \times n ; \text{mm/min} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana : Vf = kecepatan makan (mm/menit)

F = gerak makan (mm/r)

n = kecepatan putar (rpm)

3. Kedalaman Pemakanan

Kedalaman potong, a (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong.

$$a = \frac{(d_0 - d_m)}{2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : a = kedalaman potong (mm)

d_0 = diameter awal (mm)

d_m = diameter akhir (mm)

2.3 Baja Karbon St 41

Baja karbon adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan memiliki kadar karbon hingga 2,14%. Kandungan karbon pada baja memiliki peran penting dalam sifat mekanik baja. Oleh karena itu baja karbon dibedakan menjadi 3 bagian dengan kadar karbon yang berbeda, yaitu:

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah mengandung kurang dari 0,3%. Kandungan karbonnya yang rendah dan mikrostrukturnya yang terdiri dari fasa *ferit* dan *pearlit* menjadikan baja karbon rendah bersifat lunak dan kekuatannya lemah namun keuletan dan ketangguhannya sangat baik. Baja karbon rendah kurang responsif terhadap perlakuan panas untuk mendapatkan mikrostruktur *martensit* maka dari itu untuk meningkatkan kekuatan dari baja karbon rendah dapat dilakukan dengan proses *roll* dingin maupun karburisasi. Baja

karbon rendah mengandung 0,04 % C digunakan untuk plat-plat *strip*. Baja karbon rendah mengandung 0,05 % C digunakan untuk badan kendaraan. Baja karbon rendah mengandung 0,05 – 0,25 % C digunakan untuk konstruksi jembatan dan bangunan. Baja karbon rendah mengandung 0,05 – 0,3 % digunakan untuk baut paku keling, karena kepalanya harus di bentuk.

2. Baja Karbon Menengah

Baja ini mengandung karbon antara 0,25% – 0,60 %. Didalam perdagangan biasanya dipakai sebagai alat-alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, ragum, pegas dan lain-lain. Sifat dari baja ini yaitu lebih kuat dan keras dari pada baja karbon rendah, tidak mudah di bentuk dengan mesin, lebih sulit di lakukan untuk pengelasan, dapat dikeraskan (*quenching*) dengan baik.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi ialah baja yang mengandung karbon antara 0,6% – 1,4%. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi. Sifat dari baja karbon tinggi yaitu: kuat, sangat keras dan getas/rapuh, sulit dibentuk mesin, mengandung unsur sulfur (S) dan posfor (P), mengakibatkan kurangnya sifat liat, dapat dilakukan proses *heat treatment* dengan baik.

4. Baja Karbon St 41

Baja St.41 adalah baja yang memiliki kadar karbon 0,16 %, karena kadar karbonnya kurang dari 0,30 % maka baja ini termasuk golongan baja karbon rendah dan mempunyai regangan sebesar 36-24 % .

Tabel.2.1 Komposisi Kimia St41

UNSUR	KOMPOSISI KIMIA
Besi (Fe)	98,985
Karbon (C)	0,10
Mangan (Mn)	0,6
Silikon (Si)	0,25
Sulfur (S)	0,035
Phospor (P)	0,03

2.4 Pengujian Homogenitas Dan Normalitas

1. Homogenitas

Pengujian varian homogen ini bertujuan untuk memenuhi apakah residual mempunyai 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 $\text{sig} \geq 0.05$ berarti homogen
- Jika nilai $\text{sig} \leq 0.05$ berarti tidak homogen

2. Normalitas

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,

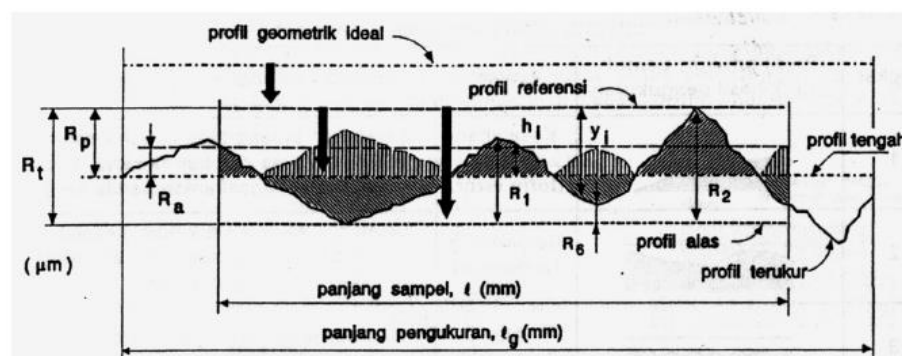
H_0 ditolak apabila $p\text{-value}$ lebih kecil daripada $\alpha = 0,05$

2.5 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan ketidakraturan konfigurasi dan penyimpangan karakteristik permukaan berupa guratan yang nantinya akan terlihat pada profil permukaan. Adapun penyebabnya beberapa macam faktor, diantaranya yaitu; mekanisme parameter pemotongan, geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada aliran geram. Kualitas suatu produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan benda kerja. Kekasaran permukaan dapat dinyatakan dengan menganggap jarak antara puncak tertinggi dan lembah terdalam sebagai ukuran dari kekasaran permukaan. Dapat juga dinyatakan dengan jarak rata-rata dari profil ke garis tengah.

Parameter Kekasaran Permukaan

Untuk mereproduksi profil suatu permukaan, maka sensor alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan. Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelumnya, alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. (Rochim T. , 2007)



Gambar 2.3 Variabel-variabel dalam profil permukaan (Rochim, 1993)

Parameter-parameter kekasaran permukaan terdiri dari profil geometri ideal, profil referensi, profil tengah, profil dasar, dan profil terstruktur. Adapun parameter untuk mengukur kekasaran permukaan sebagai berikut:

1. Kedalaman Total (R_t)

Kedalaman total merupakan besarnya jarak dari profil referensi sampai profil dasar (μm).

2. Kedalaman Perataan (R_p)

Kedalaman perataan merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur.

3. Kekasaran Rata – Rata Aritmatik (R_a)

Kekasaran rata-rata merupakan harga rata-rata secara aritmatik antara profil terukur dan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{n} \sum y (\mu m) \dots \dots \dots (2.4)$$

Harga kekasaran rata-rata (R_a) maksimal yang diijinkan ditulis diatas simbol segitiga. Satuan yang digunakan harus sesuai dengan satuan panjang yang digunakan dalam gambar teknik (metrik atau

inchi). Jika angka kekasaran Ra minimum diperlukan, dapat dituliskan dibawah angka kekasaran maksimum. Angka kekasaran menurut ISO atau DIN dapat di klarifikasikan menjadi 12 angka kelas kekasaran seperti yang terlihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Angka kekasaran menurut ISO atau DIN 4763: 1981

Kekasaran Ra (μm)	Kelas kekasaran	Panjang sampel (mm)
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2.5
6,3	N9	
3,2	N8	
1,6	N7	0.8
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	
0,1	N3	0.25
0,05	N2	
0,025	N1	0.8

Dalam proses pemesinan pada pengerjaan akhir untuk menentukan permukaan obyek dilakukan dengan proses *turning*, menurut Tabel 2,3 kualitas permukaan yang dihasilkan dimana kekasaran permukaan rata-rata Ra yang distandarkan harus mencapai nilai antara 0,2 – 1,6 μm (DIN 4768).

Tabel 2.3 Nilai Kekasaran Permukaan Ra Menurut Standar DIN 4768

PROSES	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
	6,3	12,5	25,0				
Superfinising							
Lapping							
Polihing							
Honing							
Grinding							
Boring							
Turning							
Drilling							
Extruding							
Drawing							
Milling							
Shaping							
Planning							

2.6 Alat Potong

Alat potong merupakan komponen yang paling vital menurut (Rochim T. , 2007) Sebab alat potong bergerak melalui benda kerja dan menjadi faktor utama pembentukan geram saat bersentuhan dengan benda kerja pada proses pemesinan. Alat potong yang digunakan pada proses pemesinan bubut biasa dikenal dengan sebutan pahat bubut. Pahat bubut merupakan salah satu alat potong yang sangat diperlukan pada proses pembubutan, karena pahat bubut dengan berbagai jenisnya dapat membuat profil benda kerja dengan berbagai bentuk sesuai tututan pekerjaan, misalnya dapat digunakan untuk membubut permukaan/ *facing*, rata, bertingkat, alur, *champer*, tirus, memperbesar lubang, ataupun ulir.

Kemampuan pahat bubut dalam melakukan pemotongan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, jenis bahan/ material yang digunakan, geometris pahat bubut, sudut potong pahat bubut dan apakah teknik penggunaannya sudah sesuai petunjuk dalam katalog. Apabila beberapa faktor tersebut diatas dapat terpenuhi berdasarkan standar yang telah ditentukan, maka pahat bubut akan bekerja secara optimal.

Dengan pesatnya perkembangan di dunia industri dan manufaktur, setiap produsen pembuat pahat bubut biasanya sudah memiliki buku katalog tersendiri untuk penentuan parameter pemesinan sesuai dengan jenis pahat bubut yang digunakan dengan mencantumkan spesifikasi produk berdasarkan ketetapan misalnya dengan standar ISO (*International Standardization Organization*), JIS (*Japan Industrial Standards*).

2.6.1 Pahat Sisipan (*Insert*)

Mesin CNC pada umumnya menggunakan jenis pahat sisipan yang dipasang pada pemegang pahat (*tool holder*). Pahat sisipan atau insert dapat dipasang dengan secara tetap dengan cara patri keras (*brazing*) atau secara tidak tetap dengan menggunakan klem atau dibaut L sebagai pengikat pada badan pahat (*insert*).

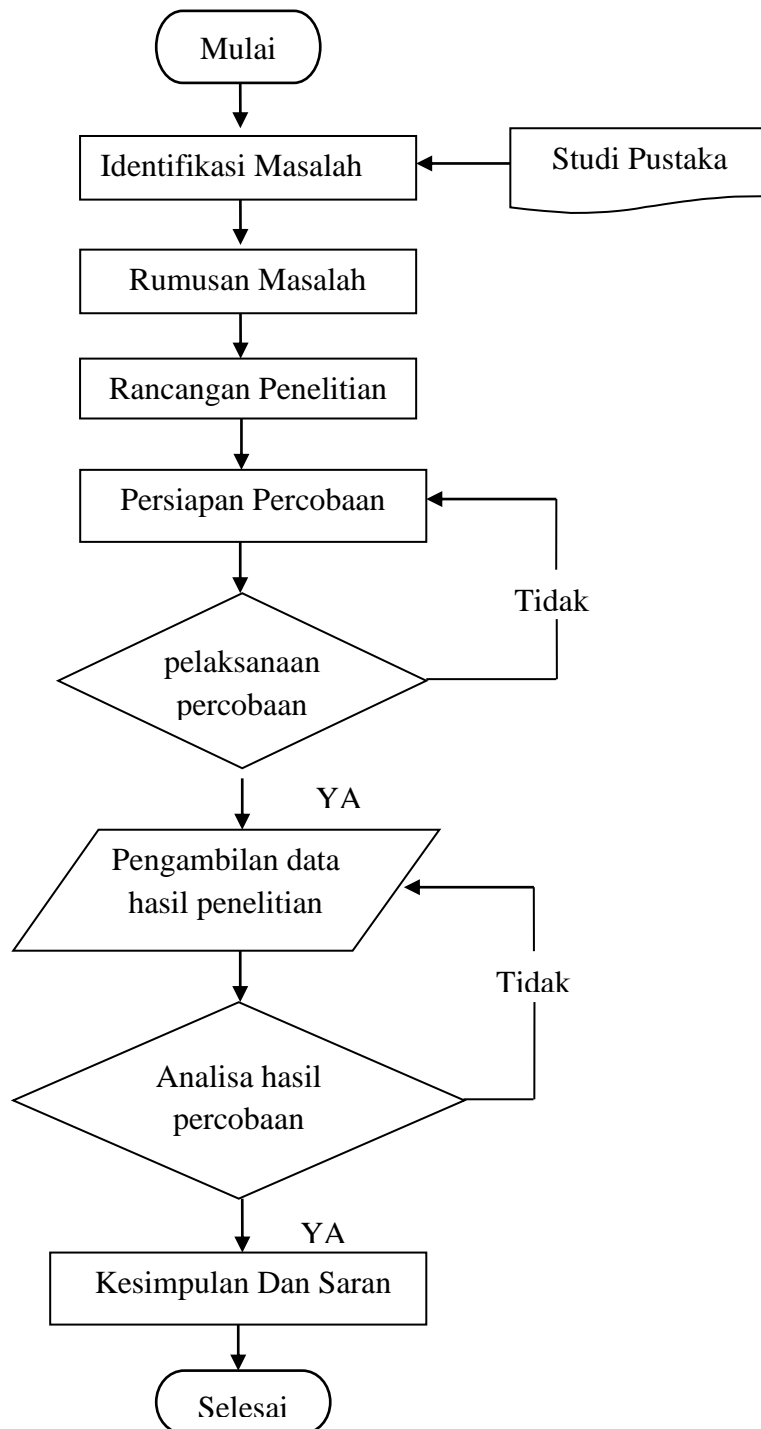
Pahat dengan sisipan yang terpasang tetap biasanya diasah kembali apabila telah mengalami keausan. Sedangkan pahat dengan sisipan yang diklem tak perlu

diasah dan ketika mata potong mengalami keausan pahat sisipan jenis ini harus diganti dengan membalik posisi pemasangan sisipan tersebut (atau menggantikan dengan sisipan yang baru bila seluruh sisi aktif /kedua mata potongnya telah aus).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian / *Flowchart*



Gambar 3.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

3.1.1 Identifikasi Masalah

Langkah awal yang penting dalam proses penelitian dimana peneliti menangkap fenomena yang berpotensi untuk diteliti. Proses identifikasi masalah dapat dilakukan dengan mendeteksi permasalahan yang diamati. Berdasarkan hal tersebut peneliti mengambil langkah untuk mencari data-data pendukung, data-data tersebut bisa didapatkan melalui observasi, membaca literatur, atau melakukan survei awal

3.1.2 Studi Pustaka

Proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data awal dengan kajian literatur dari beberapa sumber seperti jurnal ilmiah, artikel, internet dan *e-book* untuk menambah data atau informasi yang diperlukan. Studi literatur bertujuan untuk mengenal masalah yang dihadapi, serta untuk menyusun rencana kerja yang akan dihadapi. Pengumpulan data pada penelitian ini bersifat eksperimental.

3.1.3 Rancangan Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari hasil eksperimen. Menurut (Sugiyono,2015) bahwa variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas

Variable bebas adalah himpunan sejumlah gejala yang memiliki berbagai aspek atau unsur, yang berfungsi mempengaruhi atau menentukan munculnya variable terikat. Variable bebas dalam penelitian ini adalah variansi kecepatan putar *spindle* dan varinsi kedalaman pemakanan. Adapun kecepatan *spindle* yang digunakan adalah kecepatan rendah (1459 rpm), kecepatan sedang (1526 rpm), dan kecepatan tinggi (1592 rpm). Kemudian untuk kedalaman pemakanan adalah kedalaman pemakanan rendah (0,4 mm), kedalaman pemakanan sedang (0,6 mm), kedalaman pemakanan tinggi (0,8 mm).

2. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variabel bebas. Dengan kata lain ada atau tidaknya variabel terikat tergantung ada atau tidaknya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat adalah tingkat kekasaran permukaan, dalam hal ini adalah Ra (rata-rata kekasaran) dengan satuan μm .

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

- Material yang digunakan adalah ST41.
- Mesin bubut CNC yang digunakan pada penelitian ini adalah CNC Mori Seiki SL – 25.
- Alat ukur kekasaran yang digunakan adalah *Surface Roughnes Tester*
- Pahat yang digunakan adalah pahat *insertCNMG 120408-MA*

3.1.4 Rancangan Eksperimen

1. Pemilihan Parameter dan Level Pada Mesin Bubut CNC.

Langkah awal yang dilakukan adalah memilih level dan parameter, maka penentuan jumlah level dan penyetelan parameter disesuaikan dengan kategori yang telah ditentukan.

Tabel 3.1 VC/Kecepatan potong

BAHAN	VC	
	HSS	CARBIDE
Mild stell, st37, ck10, ck22, st41	20 – 25	60 –120
St60, ck45	18 – 21	70 – 200
St70, ck60	16 – 17	60 –70

Tabel 3.2 Parameter Proses

Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
Kecepatan spindel	1459	1526	1592
Kecepatan pemakanan	0,20	0,25	0,30
Kedalaman pemakanan	0,4	0,6	0,8

2. Desain Eksperimen

Pada penelitian ini digunakan desain eksperimen *factorial* 3 x 3 dengan menggunakan rancangan acak lengkap 2 faktor sehingga banyaknya perlakuan adalah 9. Vc yang digunakan 110, 115, 120 dan Faktor pertama mempunyai tiga taraf yaitu variasi kecepatan *spindle* 1459 rpm, 1526 rpm, 1592 rpm. Faktor kedua mempunyai tiga taraf yaitu variasi kedalaman pemakanan, 0,4 mm, 0,6 mm dan 0,8 mm. Kombinasi perlakuan dilakukan dengan mengkom binasikan masing-masing taraf faktor A dengan taraf-taraf faktor B sehingga pada eksperimen ini diperlukan 9 kondisi eksperimendengan 1 kali pengulangan.

Tabel 3.3 Spesimen Pengujian Benda Kerja

No	Kecepatan <i>Spindle</i>	Kedalaman Pemakanan	Pemakanan Pemakanan	Hasil Kekasaran
1	1459	0.4	0.20	
2	1459	0.6	0.25	
3	1459	0.8	0.30	
4	1526	0.4	0.20	
5	1526	0.6	0.25	
6	1526	0.8	0.30	
7	1592	0.4	0.20	
8	1592	0.6	0.25	
9	1592	0.8	0.30	
10	1459	0.4	0.20	
11	1459	0.6	0.25	
12	1459	0.8	0.30	
13	1526	0.4	0.20	
14	1526	0.6	0.25	
15	1526	0.8	0.30	
16	1592	0.4	0.20	
17	1592	0.6	0.25	
18	1592	0.8	0.30	

Proses pengujian untuk spesimen dengan panjang awal material 100 mm dengan panjang spesimen yang keluar dari *chuck* sepanjang 60 mm dan sehingga untuk panjang pengujiannya 50 mm. Pada proses pengujian ini diameter awal material 25 mm. Untuk pemotongan awal dilakukan penyayatan setebal 1 mm sehingga material menjadi ukuran 24 mm, dengan tujuan agar material tersebut

silindris. Pemakanan awal menggunakan pahat khusus yang memang digunakan untuk *facing* dan tidak menggunakan pahat untuk pengujian.

3.1.5 Persiapan Percobaan

1. Alat

- Mesin Gergaji Potong DOALL Model C-916

Digunakan untuk memotong benda uji.



Gambar 3.2 Mesin Gergaji Potong DOALL Model C-916

- Kikir

Digunakan untuk membuang sisi-sisi yang tajam pada benda uji yang telah dipotong.



Gambar 3.3 Kikir.

- Jangka Sorong

Digunakan untuk mengukur benda uji.



Gambar 3.4 Jangka Sorong

- Pahat *Insert*

Pahat *insert* digunakan untuk penyayatan benda uji dalam proses bubut CNC.



Gambar 3.5 Pahat *Insert Carbide* CNMG 120408-MA

- Mesin Bubut CNC

Mesin bubut CNC yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin bubut CNC Mori Seiki SL – 25 buatan jepang, dengan spesifikasinya adalah sebagai berikut



Gambar 3.6 Mesin Bubut CNC NLX 2500

Tabel 3.4 Spesifikasi Mesin

<i>SL Series</i>	SL-25 B/500	
<i>Swing over ded</i>	520(20.47)	
<i>Swing over cross slide</i>	350(13.78)	
<i>Distance between centers</i>	625(24.61)	
<i>Capacity</i>	<i>Maximum turning diameter</i>	260(10.24)
	<i>Maximum turning length</i>	530(20.87)
	<i>Bar work capacity</i>	68(2.6)
<i>Travel</i>	<i>X-axis travel</i>	160<30 + 130> (6.30<1.2+5.1>)
	<i>Z-axis travel</i>	590(23.2)

<i>Spindle</i>	<i>Spindle speed range</i>		35-292-3500
	<i>Numbers spindle speed ranges</i>		1
	<i>Type of spindle nose</i>		Jls A ₂ -6
	<i>Through spindle hole diameter</i>		80(3.1)
	<i>Minimum spindle indexing angle</i>		-
	<i>Spindle bearing iner diameter</i>		130(5.12)
<i>Turret</i>	<i>Number of turrets</i>		1
	<i>Type of turret</i>		10 st.
	<i>Number of tools on turret</i>		10
	<i>Square shank height of tool</i>		25(1)
	<i>Shank diameter of boring bar</i>		Max. 50(2)
<i>Feedrate</i>	<i>Rapid treverse rate</i>	mm/min (ipm)	X: 1200(472.44) Z: 15000 (590.55)
	<i>Feed per revolution</i>		X:0.001-342 Z:0.001-428
	<i>Jog feedrate</i>	mm/min (ipm)	X,Z:0-1260(0-50)<15steps>
<i>Tailstock</i>	<i>Tailstock travel</i>		491(19.33)
	<i>Tailstock spindle diameter</i>		110(4.33)
	<i>Taper hole of tail stock spindle</i>		MT5<live center>
	<i>Tailstock spindle travel</i>		100(3.94)
<i>Motors</i>	<i>Spindle dirve motor (30 min/cont)</i>		15/11(20/15)[18.5/15(25/20)] kW (HP)
	<i>Feed motors</i>	kW (HP)	X: 0.9(1.21) Z: 1.8(2.41)
	<i>Hydraulic pump motor</i>	kW (HP)	1.5(2)
	<i>Lubricant pump motor</i>	kW (HP)	0.017(0.02)
	<i>Coolant pump motor</i>	kW (HP)	0.52(0.70)
<i>Power sources</i>	<i>Electrical power suplay (continuous rating)</i>	kVA	26[34] MSD-516ll: 27 [34]
	<i>Compressed air suplay</i>		-
	<i>Mpa (psi), L/min(gpm)</i>		
	<i>Hydraulic oil tank capacity</i>	L	39(10.30) (gal.)
	<i>Lubricant tank capcity</i>	L	2(0.53) (gal.)
	<i>Coolant tank capacity</i>	L	100(26.40) (gal.)
<i>Machine size</i>	<i>Machine height</i>		1930(75.98)
	<i>Floor space</i>		3033 × 1647 [MSD-516: 1621]

		(119.41 × 64.84 [63.82])
	<i>Mass of machine</i> (lb.)	kg 4200(9240)
	<i>Clamping force of turret</i> N (kgf) (lbf)	28440{2900}(6380)<at 3.4 Mpa {35 kgf/cm ² }>
	<i>Coupling diameter</i>	210(8.27)
<i>Force dan Diameter</i>	<i>Ball screw diameter <pitch></i>	X: 28 (1.10)<6> Z: 40(1.57)<10>
	<i>Thrust force of tailstock</i> N (kgf) (lbf)	9880 {1000} (2000) <at 3.4 MPa {35 kgf/cm ² }>
	<i>Clamping force of tail stock</i> N (kgf) (lbf)	Manual: 107910 {11000} (24200), [Automatic: 65720 {6700} (14740)] <at 3.4 MPa {35 kgf/cm ² }>

- Alat Uji Kekasaran *Surface Roughnes Tester*

Alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja hasil proses pemesinan adalah *Surface Roughnes Tester*



Gambar 3.7 Alat Uji Kekasaran *Surface Roughnes Tester*

3.1.6 Bahan

Bahan yang digunakan sebagai spesimen dalam penelitian adalah baja ST 41. Baja ST 41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Bahan ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08% - 0,20%. Gambar 3.8 menunjukkan benda uji sebagai berikut:



Gambar 3.8 Benda Uji Baja St41

3.1.7 Pelaksanaan Percobaan

1. Proses Pemesinan CNC

Berikut ini langkah-langkah proses pembubutan baja st41 dengan proses pemesinan CNC dengan setingan parameter yang telah ditentukan.

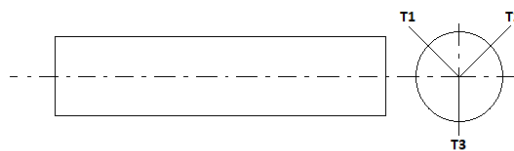
- Persiapkan benda kerja yaitu baja st41 dengan ukuran yang telah ditentukan panjang awal material 100 mm dengan panjang spesimen yang keluar dari *chuck* sepanjang 60 mm, panjang pengujiannya 50 mm. diameter awal material 25 mm dan dilakukan pembubutan ratasetebal 1 mm sehingga material menjadi ukuran 24 mm,.
- Persiapkan pahat/alat potong yang digunakan dalam proses pembubutan, dalam hal ini menggunakan pahat *Carbide CNMG 120408-MA*.
- Membuat program CNC sesuai benda kerja yang akan dikerjakan dengan ketentuan yang sudah di variasikan.
- Masukkan program yang sudah dibuat sebelumnya pada mesin bubut CNC.
- Pasang benda uji dan alat potong sebelum melakukan proses pembubutan
- Hidupkan mesin CNC dan lakukan penyetelantitik 0 atau titik awal pemakanan.
- Melakukan proses pembubutanratabenda kerja diameter 25 ke diameter 24 sebanyak 18 benda uji.
- Melakukan proses pembubutan *finising* benda uji berdasarkan kedalaman dan kecepatan *spindle* yang telah ditentukan.

- Proses dilakukan sampai semua benda kerja telah selesai melalui proses pembubutan.
- Matikan mesin bubut CNC.
- Lepaskan benda kerja pada cekam mesin bubut CNC.
- Beri tanda nomor benda kerja yang telah dibubut.

3.1.8 Pengambilan Data Hasil Uji.

1. Pengujian Hasil Pembubutan Dengan Alat Ukur *Surface Roughness Taster*
 Dari hasil pembubutan yang telah dilakukan, akan dilakukan pengujian kekasaran benda kerja akibat pengaruh dari variansi parameter kecepatan *spindle* dan kedalaman pemakanan menggunakan alat *Surface Roughness Tester*. Untuk pengujian kekasaran benda kerja akan dilakukan dengan 3 titik sepanjang permukaan hasil pemotongan pada benda kerja, dimana dari satu titik ke titiklainnya diputar 120°, maka jumlah sampel untuk setiap spesimen yaitu 3 untuk setiap benda kerja yang diuji. Dengan titik pengujian sebagai berikut:

Gambar Tahap Pengujian Kekasaran Benda kerja



Gambar 3.9 Gambar Tahap Pengujian Kekasaran Benda kerja

Keterangan: T1 = Pengukuran titik 1

T2 = Pengukuran titik 2

T3 = Pengukuran titik 3

Tabel 3.5 Pengujian Kekasaran 3 Kecepatan *Spindle*

No	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel						Rata-Rata		
		1459		1526		1592				
1	0,4	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
2	0,6	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
3	0,8	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3

2. Pengambilan Data

Kekasaran rata-rata secara aritmetis (R_a) dihitung berdasarkan rata-rata dari nilai *absolut* jarak antara profil terukur dengan profil bagian tengah. Pada perhitungan R_a daerah-daerah yang berada dibawah profil tengah (lembah) diproyeksikan keatas dan dirata-ratakan dengan daerah diatas profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{n} \sum y (\mu m) \dots \dots \dots (3.1)$$

pengambilan data dilakukan dengan melakukan percobaan variasi kecepatan *spindle* dan kedalaman pemakanan. Tujuan utama dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variansi kecepatan *spindle* dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran pada proses pembubutan CNC.

3. Proses Pengujian Kekasaran.

Data kekasaran permukaan benda kerja didapat dari pengukuran pada permukaan benda secara langsung. Alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja hasil proses pembubutan rata lurus adalah *Surface Roughness Tester*.

- Kalibrasi alat ukur kekasaran permukaan *Surface Roughness Tester*.
- Meletakkan benda kerja yang akan diuji pada tempat dudukan *V blok*, yang disesuaikan dengan tinggi alat ukur kekasaran permukaan *Surface Roughness Tester* dengan benda uji.
- Melakukan pengujian pada benda uji dalam hal ini ada 18 benda uji yang akan dilakukan pengujian. Untuk mempermudah peguji, maka dilakukan penandaan pada benda uji dengan memberikan kode 1 sampai dengan 18. Adapun banyak pengukuran pada setiap benda kerja yang telah melalui proses pembubutan ada sebanyak 3 titik. Dimana satu titik ke titiklainya diputar 120°
- Perhatikan, *scrhenshot* dan catat data pada alat uji pengukuran kekasaran permukaan yang berupah angka digital. Jumlah data keseluruhan setiap 1 benda uji sebanyak 3 data. Hasil pengukuran tidak selalu mendapatkan hasil data yang benar, sehingga dilakukan pengambilan data berulang-ulang.

- Untuk benda uji ke-2 sampai ke-18 dilakukan cara yang sama dengan cara yang dilakukan pada benda uji ke-1
- Perhitungan rata-rata dari data-data pengukuran kekasaran permukaan
- Dari hasil pengujian akan diperoleh data-data berupa Ra (μm) yang berguna sebagai analisis dan grafik.

3.1.9 Analisis Data

Pada bagian ini dilakukan kegiatan yang meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *lay out* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih.

Selain itu dilakukan perhitungan dan penyajian data dan teknik yang digunakan dalam analisis data adalah teknik statistik deskriptif yaitu teknik analisis data yang dalamnya berisi interpretasi hasil penelitian dalam bentuk tabel, grafik dan diagram.

Analisis yang dilakukan yaitu untuk mengetahui parameter pemesinan apa paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dengan menggunakan metode analisis varian ANAVA.

3.1.10 Kesimpulan

Pada tahap ini adalah tahap terakhir penelitian dimana peneliti melakukan analisis dari hasil percobaan sehingga diketahui hasil akhir dari proses percobaan tersebut.

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Seperti yang telah diuraikan pada bab III, penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang melibatkan tiga faktor. Faktor A adalah kecepatan *spindle* yaitu: 1459 rpm, 1526 rpm, dan 1592 rpm. Faktor B adalah kedalaman pemakanan yaitu: 0.4 mm, 0.6 mm, dan 0.8 mm. Sedangkan faktor C adalah kecepatan makan yaitu: 0.20 mm/rev, 0.25 mm/rev, dan 0.30 mm/rev. Faktor A,B, dan C merupakan variabel bebas. Sebagai variabel terikatnya adalah tingkat kekasaran permukaan hasil proses pemesinan CNC pada material baja St41. Sehingga data dapat dideskripsikan pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekasaran

No	Kecepatan <i>Spindle</i>	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Pemakanan	Hasil Kekasaran			Rata-Rata
				T1	T2	T3	
1	1459	0.4	0.20	0,830	0,813	0,828	0,823
2	1459	0.6	0.25	1.160	1.168	1.138	1.155
3	1459	0.8	0.30	0.470	0.478	0.483	0.477
4	1526	0.4	0.20	0.423	0.448	0.405	0.425
5	1526	0.6	0.25	0.429	0.401	0.405	0.411
6	1526	0.8	0.30	0.967	0.996	0.908	0.957
7	1592	0.4	0.20	0.883	0.806	0.856	0.855
8	1592	0.6	0.25	0.831	0.828	0.852	0.837
9	1592	0.8	0.30	1.280	1.137	1.370	1.262
10	1459	0.4	0.20	0.883	0.800	0.846	0.843
11	1459	0.6	0.25	1.129	1.143	1.147	1.139
12	1459	0.8	0.30	0.496	0.516	0.500	0.504
13	1526	0.4	0.20	0.694	0.573	0.571	0.612
14	1526	0.6	0.25	0.344	0.334	0.400	0.359
15	1526	0.8	0.30	0.808	0.832	0.786	0.808
16	1592	0.4	0.20	0.827	0.735	0.610	0.724
17	1592	0.6	0.25	0.746	0.709	0.714	0.723
18	1592	0.8	0.30	1.416	1.315	1.462	1.397

4.2 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan dengan variabel-variabel proses yang terdapat pada mesin CNC bubut Mori Seiki

SL-25 B/500. Adapun variabel-variabel proses yang diduga berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan adalah kecepatan *spindle* (A), kedalaman pemakanan (B), kecepatan makan (C). Pada tahap ini, setelah memiliki data pengujian, maka langkah berikutnya adalah melakukan pengolahan data dengan 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-langka berikut :

1. Pengukuran kekasaran permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan benda kerja dilakukan dengan menggunakan alat ukur *surface roughness tester*. Untuk respon kekasaran permukaan benda kerja yang memiliki karakteristik kualitas semakin kecil semakin baik (*smaller is better*), digunakan persamaan nilai rata-rata, Data hasil percobaan secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Data hasil percobaan

Eksp	A	Faktor B	C	Data Awal	Replikasi 1	Jumlah	Mean
1	1459	0.4	0,20	0,823	0,843	1,666	0,833
2	1459	0.6	0,25	1,155	1,139	2,294	1,147
3	1459	0.8	0,30	0,477	0,504	0,981	0,490
4	1526	0.4	0,20	0,425	0,612	1,037	0,518
5	1526	0.6	0,25	0,411	0,359	0,770	0,385
6	1526	0.8	0,30	0,957	0,808	1,765	0,882
7	1592	0.4	0,20	0,855	0,724	1,579	0,789
8	1592	0.6	0,25	0,837	0,723	1,560	0,780
9	1592	0.8	0,30	1,262	1,397	2,659	1,329
Rata-rata							0,794

Sumber : Hasil perhitungan dan pengukuran

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kondisi pemotongan halus (*finising*). Hasil percobaan awal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata kekasaran permukaan dengan menggunakan *setting* kombinasi, kecepatan *spindle* 1526 Rpm, kedalaman pemakanan 0,6mm dan kecepatan makan 0,25 mm/rev adalah sebesar 0,385 μm . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa hasil percobaan

ini memberikan nilai kekasaran permukaan yang berada pada *range* kondisi pemotongan halus (*finising*).

Pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata kekasaran permukaan benda kerja. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk rata-rata respon setiap faktor, yaitu:

Perhitungan rata-rata untuk Faktor A (kecepatan *spindle*) :

$$A1 = 1/3 (0,833+ 1,147+ 0,490) = 0,823$$

$$A2 = 1/3 (0,518+ 0,385+ 0,882) = 0,595$$

$$A3 = 1/3 (0,789+ 0,780+ 1,329) = 0,966$$

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

$$B1 = 1/3 (0,833+ 0,518+ 0,789) = 0,713$$

$$B2 = 1/3 (1,147+ 0,385+ 0,780) = 0,770$$

$$B3 = 1/3 (0,490+ 0,882+ 1,329) = 0,900$$

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

$$C1 = 1/3 (0,833+ 0,518+ 0,789) = 0,713$$

$$C2 = 1/3 (1,147+ 0,385+ 0,780) = 0,770$$

$$C3 = 1/3 (0,490+ 0,882+ 1,329) = 0,900$$

4.3 Penentuan Kombinasi Level Dari Parameter Untuk Respon Optimal

Untuk ketiga faktor utama yang diamati yaitu kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan, dan kecepatan pemakanan, adapun faktornya dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Respon rata-rata hasil pengukuran kekasaran permukaan dari pengaruh parameter

Simbol Parameter	Parameter Proses	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan <i>Spindle</i>	0,823	0,595	0,966
B	Kedalaman Pemakanan	0,713	0,770	0,900
C	Kecepatan Pemakanan	0,713	0,770	0,900
Total nilai rata-rata kekasaran permukaan = 0,794				

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan nilai rata-rata kekasaran permukaan pada masing-masing level parameter proses, maka dapat ditentukan nilai level untuk kombinasi parameter.

Proses yang menghasilkan respon optimal. Kombinasi parameter – parameter proses untuk respon optimal tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.4 kombinasi parameter proses untuk respon optimal

	Parameter Proses	Tingkat level	Nilai level
A	Kecepatan <i>Spindle</i>	2	1526 rpm
B	Kedalaman Pemakanan	2	0,6 mm
C	Kecepatan Pemakanan	2	0,25 mm/rev

Sumber: Hasil perhitungan

4.4 Analisis Variansi

Analisis Variansi (ANOVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki kontribusi dalam mengurangi variasi respon kekasaran permukaan benda kerja. Pada penelitian ini, ANOVA dilakukan pada kekasaran yang merupakan respon yang mewakili keseluruhan respon.

4.4.1 Analisis Variansi Rata-rata Kekasaran Permukaan

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

$$\begin{aligned}
 SS_A &= \text{Jumlah kuadrat variabel A.} \\
 &= \left[\sum_{i=1}^{k_A} \left(\frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(4.1)
 \end{aligned}$$

Dimana :

- K_A = Jumlah level faktor A
- A_i = Level ke 1 faktor A
- n_{A_i} = Jumlah percobaan level ke i faktor A
- T = Jumlah seluruh nilai data
- N = Banyak data keseluruhan

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

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \frac{A_3^2}{n_{A_3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* Faktor A :

$$SS_A = \frac{2,470^2}{3} + \frac{1,785^2}{3} + \frac{2,898^2}{3} - \frac{7,153^2}{9} = 0,210$$

Derajat kebebasan :

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_A = \frac{SS_A}{v_A} = \frac{0,210}{2} = 0,105$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SST &= \sum Y^2 \\ &= (0,833)^2 + (1,147)^2 + (0,490)^2 + (0,518)^2 + (0,385)^2 + \\ &\quad 0,882)^2 + (0,789)^2 + (0,780)^2 + (1,329)^2 \\ &= 6,441 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena mean :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{Y}^2 \\ &= 9 \times (0,794)^2 = 5,673 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 0,210 + 0,055 + 0,055 \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

Residual error :

$$\begin{aligned} Sse &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} \\ &= 6,441 - 5,673 - 0,320 \\ &= 0,447 \end{aligned}$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_A}{SS_e} = \frac{0,210}{0,447} = 0,470$$

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

$$SS_B = \frac{B_1^2}{n_{B_1}} + \frac{B_2^2}{n_{B_2}} + \frac{B_3^2}{n_{B_3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* Faktor B :

$$SS_B = \frac{2,140^2}{3} + \frac{2,312^2}{3} + \frac{2,701^2}{3} - \frac{7,153^2}{9} = 0,055$$

Derajat kebebasan :

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,055}{2} = 0,027$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (0,833)^2 + (1,147)^2 + (0,490)^2 + (0,518)^2 + (0,385)^2 + \\ &\quad 0,882)^2 + (0,789)^2 + (0,780)^2 + (1,329)^2 \end{aligned}$$

$$= 6,441$$

Jumlah kuadrat total karena mean :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{Y}^2 \\ &= 9 \times (0,794)^2 = 5,673 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 0,210 + 0,055 + 0,055 \\ &= 0,320 \end{aligned}$$

Residual error :

$$\begin{aligned} Sse &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} \\ &= 6,441 - 5,673 - 0,320 \\ &= 0,447 \end{aligned}$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_B}{SS_e} = \frac{0,055}{0,447} = 0,123$$

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

$$SS_C = \frac{C_1^2}{n_{C_1}} + \frac{C_2^2}{n_{C_2}} + \frac{C_3^2}{n_{C_3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* Faktor C :

$$SS_C = \frac{2,140^2}{3} + \frac{2,312^2}{3} + \frac{2,701^2}{3} - \frac{7,153^2}{9} = 0,055$$

Derajat kebebasan :

$$V_C = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{0,055}{2} = 0,027$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (0,833)^2 + (1,147)^2 + (0,490)^2 + (0,518)^2 + (0,385)^2 + \\ &\quad 0,882^2 + (0,789)^2 + (0,780)^2 + (1,329)^2 \\ &= 6,441 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena mean :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{Y}^2 \\ &= 9 \times (0,794)^2 = 5,673 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B + SS_C$$

$$= 0,210 + 0,055 + 0,055$$

$$= 0,320$$

Residual error :

$$\begin{aligned} S_{se} &= SS_T - SS_M - SS_{faktor} \\ &= 6,441 - 5,673 - 0,320 \\ &= 0,447 \end{aligned}$$

$$MS \text{ Residual error (MSe)} = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{0,447}{2} = 0,223$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_C}{SS_e} = \frac{0,055}{0,447} = 0,123$$

$$\begin{aligned} SS_{total} &= SS_A + SS_B + SS_C + SSe \\ &= 0,210 + 0,055 + 0,055 + 0,447 \\ &= 0,767 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis variasi terhadap rata-rata dapat dilihat pada

Tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Analisis variasi rata-rata kekasaran permukaan

Faktor	V	SS	MS	F-rasio
A	2	0,210	0,105	0,470
B	2	0,055	0,027	0,123
C	2	0,055	0,027	0,123
Error	2	0,447	0,223	
Total	8	0,767		

Sumber : Hasil perhitungan

4.5 Perhitungan Rasio S/N Dari Respon

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

$$\frac{s}{N} = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana :

Y_i = nilai laju pengerjaan material hasil penelitian

n = jumlah replikasi (pengulangan)

Karakteristik kualitas yang menjadi tujuan perbaikan kualitas adalah memaksimalkan variabilitas kekasaran permukaan benda kerja. Kualitas ukuran kekasaran permukaan benda kerja yang diharapkan adalah nilai yang terkecil. Kekasaran permukaan memiliki karakteristik semakin kecil kekasaran permukaan benda kerja maka akan semakin baik.

Dalam penelitian ini nilai yang diharapkan adalah kekasaran permukaan material yang paling kecil. Dengan pengulangan sebanyak 1 kali, maka perhitungan rasio S/N dapat dilihat di bawah ini :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/0,823^2}{2} + \frac{1/0,843^2}{2} \right] = 1,586$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/1,155^2}{2} + \frac{1/1,139^2}{2} \right] = -1,191$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/0,447^2}{2} + \frac{1/0,504^2}{2} \right] = 6,183$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/0,425^2}{2} + \frac{1/0,612^2}{2} \right] = 5,566$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/0,411^2}{2} + \frac{1/0,359^2}{2} \right] = 8,271$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/0,957^2}{2} + \frac{1/0,808^2}{2} \right] = 1,054$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/0,855^2}{2} + \frac{1/0,724^2}{2} \right] = 2,023$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/0,837^2}{2} + \frac{1/0,723^2}{2} \right] = 2,134$$

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1/1,262^2}{2} + \frac{1/1,397^2}{2} \right] = -2,484$$

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	Replikasi	S/N
	A	B	C	Awal	1	
1	1459	0.4	0,20	0,823	0,834	1,586
2	1459	0.6	0,25	1,155	1,139	-1,191
3	1459	0.8	0,30	0,447	0,504	6,183
4	1526	0.4	0,20	0,425	0,612	5,566
5	1526	0.6	0,25	0,411	0,359	8,271
6	1526	0.8	0,30	0,957	0,808	1,054
7	1592	0.4	0,20	0,855	0,724	2,023
8	1592	0.6	0,25	0,837	0,723	2,134
9	1592	0.8	0,30	1,262	1,397	-2,484
Rata-Rata						2,571

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan nilai rata-rata kekasaran permukaan pada masing-masing level parameter proses, maka dapat ditentukan nilai level untuk kombinasi parameter Proses yang menghasilkan kontribusi paling tinggi. Kombinasi parameter – parameter proses untuk kontribusi paling tinggi tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4.7 kombinasi parameter proses untuk respon optimal

	Parameter Proses	Tingkat level	Nilai level
A	Kecepatan <i>Spindle</i>	2	1526 rpm
B	Kedalaman Pemakanan	2	0,6 mm
C	Kecepatan Pemakanan	2	0,25 mm/rev

Sumber: Hasil perhitungan

Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Variasi Kekasaran Permukaan

Perhitungan variabilitas nilai rasio S/N kekasaran permukaan benda kerja melalui kombinasi level dari masing-masing faktor dapat dilihat di bawah ini :

$$A1 = 1/3 (1,585+ -1,191 + 6,183) = 2,192$$

$$A2 = 1/3 (5,566+ 8,271+ 1,054) = 4,963$$

$$A3 = 1/3 (2,023+ 2,134+ -2,484) = 0,557$$

$$B1 = 1/3 (1,585+ 5,566+ 2,023) = 3,058$$

$$B2 = 1/3 (-1,191+ 8,271+ 2,134) = 3,071$$

$$B3 = 1/3 (6,183+ 1,054+ -2,484) = 1,584$$

$$C1 = 1/3 (1,585+ 5,566+ 2,023) = 3,058$$

$$C2 = 1/3 (-1,191+ 8,271+ 2,134) = 3,071$$

$$C3 = 1/3 (6,183+ 1,054+ -2,484) = 1,584$$

Untuk ketiga faktor utama yang amati kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan, dan kecepatan makan, faktor responnya dapat dilihat pada Tabel 4.8 respon dibawah ini :

Tabel 4.8 Respon rasio S/N kekasaran permukaan

	A	B	C
Level 1	2,192	3,058	3,058
Level 2	4,963	3,071	3,071
Level 3	0,557	1,584	1,584
Selisih	4,406	1,487	1,474
Peringkat	1	2	3

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5.1 Analisis Varian Rasio S/N

Sebagaimana faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kekasaran permukaan, maka untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai rasio S/N juga dapat dilakukan dengan perhitungan model analisis dua arah. Perhitungan analisis variansi yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat dan rata-rata dapat dilihat seperti di bawah ini :

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

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

Perhitungan *sum of square* Faktor A :

$$SS_A = \frac{6,578^2}{3} + \frac{14,891^2}{3} + \frac{1,673^2}{3} - \frac{23,144^2}{9} = 29,767$$

Derajat kebebasan :

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_A = \frac{SS_A}{v_A} = \frac{29,767}{2} = 14,883$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (1,586)^2 + (-1,191)^2 + (6,183)^2 + (5,566)^2 + (8,271)^2 \\ &\quad + (1,054)^2 + (2,023)^2 + (2,134)^2 + (-2,484)^2 \\ &= 157,507 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena mean :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{Y}^2 \\ &= 9 \times (2,571)^2 = 59,516 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 29,767 + 4,383 + 4,383 \\ &= 38,534 \end{aligned}$$

Residual error :

$$\begin{aligned} Sse &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} \\ &= 157,507 - 59,516 - 38,534 \\ &= 59,456 \end{aligned}$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_A}{SS_e} = \frac{29,767}{59,456} = 0,500$$

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

$$SS_B = \frac{B_1^2}{n_{B_1}} + \frac{B_2^2}{n_{B_2}} + \frac{B_3^2}{n_{B_3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* Faktor B :

$$SS_B = \frac{9,175^2}{3} + \frac{9,214^2}{3} + \frac{4,753^2}{3} - \frac{23,144^2}{9} = 4,383$$

Derajat kebebasan :

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{4,383}{2} = 2,191$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (1,586)^2 + (-1,191)^2 + (6,183)^2 + (5,566)^2 + (8,271)^2 \\ &\quad + (1,054)^2 + (2,023)^2 + (2,134)^2 + (-2,484)^2 \\ &= 157,507 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena mean :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{Y}^2 \\ &= 9 \times (2,571)^2 = 59,516 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 29,767 + 4,383 + 4,383 \\ &= 38,534 \end{aligned}$$

Residual error :

$$\begin{aligned} S_{se} &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} \\ &= 157,507 - 59,516 - 38,534 \\ &= 59,456 \end{aligned}$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_B}{SS_e} = \frac{4,383}{59,456} = 0,073$$

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

$$SS_C = \frac{C_1^2}{n_{C1}} + \frac{C_2^2}{n_{C2}} + \frac{C_3^2}{n_{C3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* Faktor C :

$$SS_C = \frac{9,175^2}{3} + \frac{9,214^2}{3} + \frac{4,753^2}{3} - \frac{23,144^2}{9} = 4,383$$

Derajat kebebasan :

$$V_C = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{4,383}{2} = 2,191$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= 1,586^2 + (-1,191)^2 + (6,183)^2 + (5,566)^2 + (8,271)^2 \\ &\quad + (1,054)^2 + (2,023)^2 + (2,134)^2 + (-2,484)^2 \\ &= 157,507 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total karena mean :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{Y}^2 \\ &= 9 \times (2,571)^2 = 59,516 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 29,767 + 4,383 + 4,383 \end{aligned}$$

$$= 38,534$$

Residual error :

$$\begin{aligned} S_{se} &= SS_T - SS_M - SS_{\text{faktor}} \\ &= 157,507 - 59,516 - 38,534 \\ &= 59,456 \end{aligned}$$

$$MS \text{ Residual error (MSe)} = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{59,456}{2} = 29,728$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_C}{SS_e} = \frac{4,383}{59,456} = 0,073$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{total}} &= SS_A + SS_B + SS_C + S_{se} \\ &= 29,767 + 4,383 + 4,383 + 59,456 \\ &= 97,990 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis variasi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini :

Tabel 4.9 Analisis variansi rasio S/N Kekasaran permukaan

Faktor	V	SS	MS	F-rasio
A	2	29,767	14,883	0,500
B	2	4,383	2,191	0,073
C	2	4,383	2,191	0,073
Error	2	59,456	29,728	
Total	8	97,990		

Sumber : Hasil perhitungan

4.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya, maka diketahui bahwa kombinasi parameter yang berpengaruh terhadap rata-rata dan variansi kekasaran permukaan adalah sama yaitu kecepatan *spindle* 1526 Rpm, kedalaman pemakanan 0,6 mm, dan kecepatan pemakanan 0,25 mm/rev.

4.6.1 Hasil Perhitungan Rata-rata

Berdasarkan perhitungan, rata-rata ANAVA untuk kekasaran permukaan benda kerja ditunjukkan pada Tabel 4.10 berikut ini :

Tabel 4.10 Hasil ANOVA rata-rata

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
RPM	2	0,21013	27,79%	0,21013	0,10507	0,470	0,513
A	2	0,05507	7,28%	0,05507	0,02753	0,123	0,856
F	2	0,05507	7,28%	0,05507	0,02753	0,123	0,856
Error	2	0,44703	57,65%	0,44703	0,22351		
Total	8	0,76730	100,00%				

Berdasarkan Tabel 4.10, diketahui bahwa nilai F_{hitung} kecepatan *spindle* memiliki nilai paling besar yakni sebesar 0,470. Maka nilai F_{hitung} akan dibandingkan dengan nilai F_{tabel} dimana :

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ = Tidak ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ = ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan

Mencari nilai F_{tabel} menggunakan rumus :

$Df1 = K-1$ (Pembilang Numerator)

$Df2 = N-K$ (Penyebut Denominator)

Ket :

K = Jumlah variabel bebas

N = Jumlah Percobaan

Maka didapatkanlah nilai F_{tabel} yakni 5,71, sehingga nilai F_{hitung} (0,470) < F_{tabel} (5,71) = tidak ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan, kalau dibandingkan dengan parameter lain ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan. Artinya kecepatan *spindle* tidak ada pengaruh kalau dibandingkan dengan F tabel, tetapi kalau dibandingkan dengan parameter lain memberikan pengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan dengan persentase sebesar 27,79%,

4.6.2 Hasil Perhitungan Rasio S/N

Berdasarkan perhitungan, rata-rata rasio SN ANAVA untuk kekasaran permukaan benda kerja ditunjukkan pada Tabel 4.11 berikut ini :

Tabel 4.11 Hasil ANOVA rata-rata rasio SN

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
RPM	2	29,765	30,38%	29,765	14,883	0,500	0,489
A	2	4,384	4,47%	4,384	2,191	0,073	0,926
F	2	4,384	4,47%	4,384	2,191	0,073	0,926
Error	2	59,456	60,68%	59,456	29,728		
Total	8	97,989	100,00%				

Berdasarkan Tabel 4.11, diketahui bahwa nilai F_{hitung} kecepatan *spindle* memiliki nilai paling besar yakni sebesar 0,500. Maka nilai F_{hitung} akan dibandingkan dengan nilai F_{tabel} dimana :

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ = Tidak ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ = ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan

Mencari nilai F_{tabel} menggunakan rumus :

$Df1 = K-1$ (Pembilang Numerator)

$Df2 = N-K$ (Penyebut Denominator)

Ket :

K = Jumlah variabel bebas

N = Jumlah Percobaan

Maka didapatkanlah nilai F_{tabel} yakni 5,71, sehingga nilai F_{hitung} (0,500) < F_{tabel} (5,71) = tidak ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan, kalau dibandingkan dengan parameter lain ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan. Artinya kecepatan *spindle* tidak ada pengaruh kalau dibandingkan dengan F tabel, tetapi kalau dibandingkan dengan parameter lain memberikan pengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan dengan persentase sebesar 30,38%.

4.7 Analisis

Nilai F_{hitung} rata-rata 0,470 dan rasio S/N 0,500 < F_{tabel} mengindikasikan bahwa kecepatan *spindle* tersebut tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon kekasaran permukaan, tetapi kalau dibandingkan dengan nilai parameter lain kecepatan *spindle* memiliki pengaruh. kedalaman pemakanan 0,123 dan rasio S/N 0,073 serta kecepatan pemakanan rata-rata 0,123 dan rasio S/N

0,073. Adapun uji hipotesis yang digunakan untuk H_0 dan H_1 menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut :

1. Parameter A (kecepatan *Spindle*)

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = 0$ (variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan)

H_1 : paling sedikit ada satu τ tidak sama dengan 0 (ada perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaannya)

Kesimpulan: $F_{hitung} = (0,470), (0,500) < F (0,05;2;6) = 5,71$ maka H_0 diterima, artinya tidak adanya pengaruh parameter kecepatan *spindle* terhadap kekasaran permukaan

2. Parameter B (Kedalaman Pemakanan)

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

H_1 : paling sedikit ada satu β tidak sama dengan 0

Kesimpulan: $F_{hitung} = (0,123), (0,073) < F (0,05;2;6) = 5,71$ maka H_0 diterima, artinya tidak adanya pengaruh parameter (Kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan.

3. Parameter C (Kecepatan makan)

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

H_1 : paling sedikit ada satu γ tidak sama dengan 0

Kesimpulan: $F_{hitung} = (0,123), (0,073) < (0,05;2;6) = 5,71$ maka H_0 diterima, artinya tidak adanya pengaruh parameter (Kecepatan makan terhadap kekasaran permukaan.

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

Tabel 4.12 Kondisi hipotesis nol respon secara serentak

Sumber Parameter	Kondis H_0
Rpm	Diterima/gagal ditolak
A	Diterima/gagal ditolak
F	Diterima/gagal ditolak

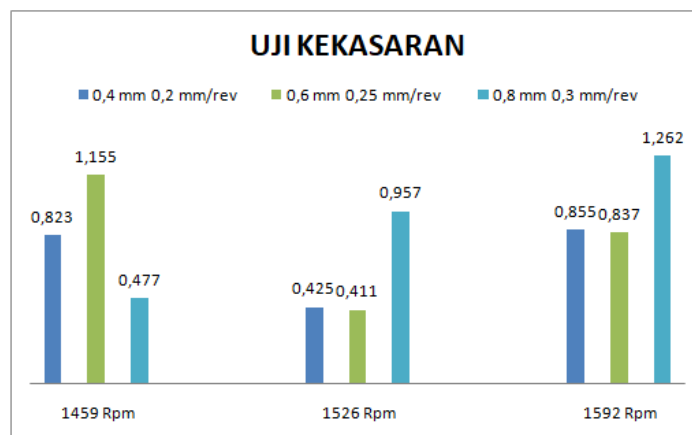
Sumber: Hasil dari analisa

Pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa parameter kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan, kecepatan pemakanan, mempengaruhi kekasaran permukaan. Parameter proses yang memiliki kontribusi yang besar terhadap total variansi dari kekasaran adalah kecepatan *spindle*, yaitu sebesar 27,79%, dan 30,38%, diikuti oleh kedalaman pemakanan yang memiliki persen kontribusi sebesar 7,28%, dan 4,47%, dan kecepatan pemakanan memiliki persen kontribusi sebesar 7,28% dan 4,47%.

4.8 Analisis Grafik.

Untuk memahami lebih jelas perbandingan pengaruh dari masing-masing variasi kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran dapat kita lihat pada grafik sebagai berikut :

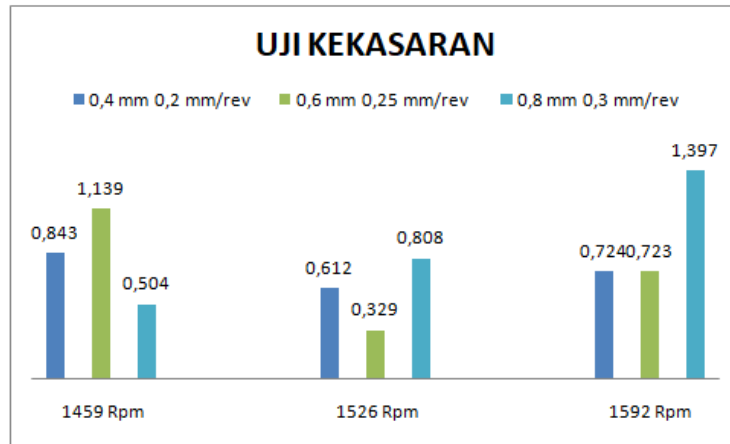
1. Diagram Data Pertama Kecepatan *spindle* 1459 Rpm, 1526 Rpm, dan 1592 Rpm.



Gambar 4.1 Grafik uji kekasaran 9 pertama

Dari gambar grafik diatas dapat dijelaskan bahwa perbedaan kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan berpengaruh terhadap nilai tingkat kekasaran permukaan. Tingkat kekasaran permukaan terendah (paling rendah) terjadi pada kecepatan *spindle* 1526 Rpm dengan nilai kekasaran 0.411 μ m dengan kedalaman 0.6 mm dan kecepatan makan 0,25 mm/rev. Sedangkan untuk kekasaran permukaan paling tinggi terjadi pada kecepatan *spindle* 1592 Rpm dengan nilai kekasaran 1.262 μ m dengan kedalaman 0.8 mm dan kecepatan makan 0,30 mm/rev.

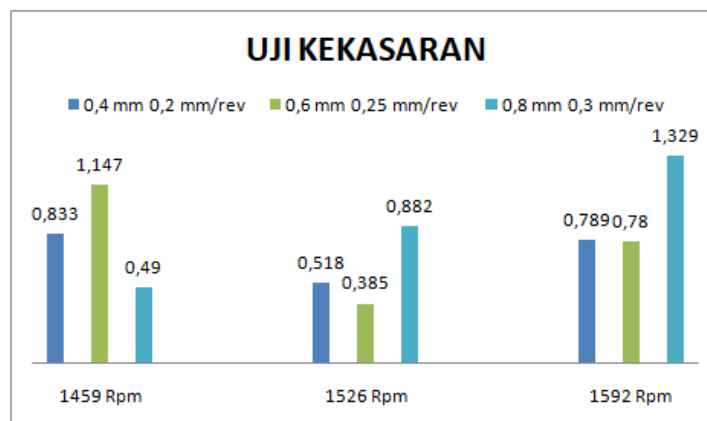
2. Diagram Pengulangan Data Kecepatan *spindle* 1459 Rpm, 1526 Rpm, dan 1592 Rpm.



Gambar 4.2 Grafik uji kekasaran 9 kedua

Dari gambar grafik diatas dapat dijelaskan bahwa perbedaan kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan berpengaruh terhadap nilai tingkat kekasaran permukaan. Tingkat kekasaran permukaan terendah (paling rendah) terjadi pada kecepatan *spindle* 1526 Rpm dengan nilai kekasaran 0.329 μm dengan kedalaman 0.6 mm dan kecepatan makan 0,25 mm/rev. Sedangkan untuk kekasaran permukaan paling tinggi terjadi pada kecepatan *spindle* 1592 Rpm dengan nilai kekasaran 1.392 μm dengan kedalaman 0.8 mm dan kecepatan makan 0,30 mm/rev.

3. Seluruh Data Kecepatan *spindle* 1459 Rpm, 1526 Rpm, dan 1592 Rpm.



Gambar 4.3 Grafik uji kekasaran rata-rata

Dari gambar grafik diatas dapat dijelaskan bahwa perbedaan kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan berpengaruh terhadap nilai tingkat kekasaran permukaan. Tingkat kekasaran permukaan terendah (paling rendah) terjadi pada kecepatan *spindle* 1526 Rpm dengan nilai kekasaran $0.385 \mu\text{m}$ dengan kedalaman 0.6 mm dan kecepatan makan 0,25 mm/rev. Sedangkan untuk kekasaran permukaan paling tinggi terjadi pada kecepatan *spindle* 1592 Rpm dengan nilai kekasaran $1.329 \mu\text{m}$ dengan kedalaman 0.8 mm dan kecepatan makan 0,30 mm/rev.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan. Maka pada penelitian ini yang berjudul “Analisa Pengaruh Kecepatan *Spindle* Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pemesinan Bubut CNC Pada Baja St41” dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Dari variasi kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan, dan kecepatan pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan pada proses pembuatan poros menggunakan mesin bubut CNC, proses pemotongan yang paling menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang baik (paling rendah) adalah proses pemotongan pada kecepatan spindle 1526 Rpm dengan nilai kekasaran 0.385 μm dengan kedalaman 0.6 mm dan kecepatan makan 0,25 mm/rev. Jadi Dapat dilihat bahwa pada penelitian ini yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan spindle (Rpm).

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Sebagai bahan pertimbangan atau literatur untuk proses produksi bahan bagi perusahaan maupun umum.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan penelitian ini yaitu :
 - Lebih memperhatikan variabel-variabel yang dapat mempengaruhi getaran pahat dan tingkat kekasaran permukaan pada proses pembuatan poros. Misalnya variasi kecepatan potong, kedalaman potong, proses pengujian, dan lain sebagainya.
 - Selain itu perlu adanya perbedaan bahan yang digunakan selain baja ST 41, dimana pengaplikasian tetap sama yaitu pada poros.

DAFTAR PUSTAKA

1. Teori dan teknologi proses pemesinan, Bandung institut teknologi bandung. Rochim. 1993.
2. Mesin Turning CNC Tu 3A. Lilih, dkk. 2003.
3. Pengaruh Variasi Putaran, Kecepatan Putar Benda Serta Kecepatan Meja Terhadap Nilai Kekasaran Benda Kerja Pada Proses Pengerindaan Silinder. Makmur, Taufikurrahman. 2006.
4. Proses Pemesinan Buku 2 Perkakas dan Sistem Pemerkakasan. Rochim, Taufiq. 2007
5. modul teknik pemesinan jilid 1. widarto. 2008.
6. Pengaruh Gerak Pemakanan Dan Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan Pada Material Baja HQ 760. Prasetya, Tri Adi. 2010.
7. Pengaruh Kecepatan *Spindle*,kecepatan Pemakan Dan Kedalaman Pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pemesinan bubut CNC baja St 40. Ardianto, Ruli. 2010.
8. Pengaruh kecepatan *spindle*, Kecepatan Pemakanan Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pemesinan Bubut CNC Baja St40. Ruli, ardianto. 2010.
9. Pengaruh Variansi Kecepatan Putar *Spindle* Dan Bahan Pahat Terhadap Kehalusan Permukaan Baja EMS 45 Pada Mesin CNC TU 2A DEngan Program *Absolute*.Wibowo, Aji. 2010.
10. Analisis PengaruhKecepatan Putar Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran permukaan Material FCD 40 Pada Mesin Bubut CNC. A zubaidi, I syafaat, darmanto. 2012.
11. Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan *Spindle*, Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Baja St 42 Pada Proses Bubut Konvensional. Indra Lesmono, Yunus. 2013.

12. Pengaruh Parameter Pemotongan pada Operasi Pemotongan *Milling* terhadap Getaran dan Tingkat Kekasaran Permukaan (*Surface Roughness*). Abbas, hammada. 2013.
13. Analisis Kecepatan Putar *Spindle*, Jenis Pahat Dan Variansi Kedalaman Pemakanan Pada Mesin CNC TU-3A Dengan Program Aabsolut G01. Irfa'i, Adhi Budi Ramadhani Mochamad Arif. 2015
14. Optimasi Laju Pembuangan Material AISI 1045 Pada Bubut CNC Dengan Metode Taguchi. SUKMA, HEGAR DWI JAYA. 2016.
15. Pengaruh VariasiI Kecepatan Potong Dan Kedalaman Potong Pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja ST 41. Raul, Widiyanti, Popy. 2016.
16. Analisis Sifat Mekanik Baja SKD 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan *Hardening* Dengan Variasi Temperatur. Taryana, Media Nofri Acang. 2017.
17. Analisa Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Dengan variasi Jenis Material Dan Pahat Potong. Sunaryo, Budi Istana, Jon Kenedi. 2017.
18. Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (ST41) Dengan Metode Pack *Carbirizing*. Gunawan, Eddy. 2017.
19. Pengaruh Kedalaman Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Tingkat Kekerasan Permukaan Baja ST 60 Menggunakan Pahat Insert. Al-Fiansyah, Dika Kurnia. 2017.
20. Studi Eksperimen Kecepatan Putar *Spindle* Dan Kedalaman Potong Terhadap Getaran Pahat Dan. Rendi Alfianto, Diah Wulandari. 2018.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Daftar Riwayat Hidup



Informasi Pribadi

Nama : Marendi Nopiansyah
NPM : 1041719
Tempat Tanggal Lahir : Kelapa, 1 November 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Prodi/Jurusan/Kelas : D-IV/Teknik Mesin dan Manufaktur/4 TMMA
Alamat : Jl.Pangkalpinang-Mentok, Kelapa Barat, RT/RW.
010/005 Kec. Kelapa, Kel. Kelapa,

Nama Orang Tua

Ayah : Junaidi
Ibu : Selami
Nomor Hp : 082375497746
Email : putrarendy599@gmail.com
Golongan Darah : AB

Lampiran 2

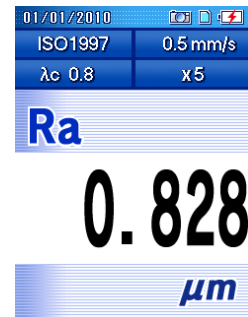
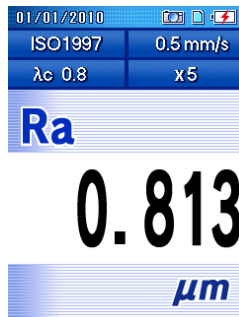
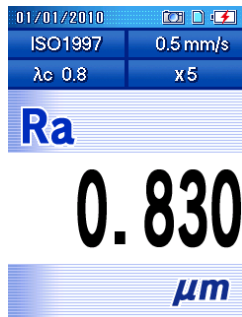
Hasil Pengujian Kekasaran

No	Kecepatan <i>Spindle</i>	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Pemakanan	Hasil Kekasaran			Rata-Rata
				T1	T2	T3	
1	1459	0.4	0.20	0,830	0,813	0,828	0,823
2	1459	0.6	0.25	1.160	1.168	1.138	1.155
3	1459	0.8	0.30	0.470	0.478	0.483	0.477
4	1526	0.4	0.20	0.423	0.448	0.405	0.425
5	1526	0.6	0.25	0.429	0.401	0.405	0.411
6	1526	0.8	0.30	0.967	0.996	0.908	0.957
7	1592	0.4	0.20	0.883	0.806	0.856	0.855
8	1592	0.6	0.25	0.831	0.828	0.852	0.837
9	1592	0.8	0.30	1.280	1.137	1.370	1.262
10	1459	0.4	0.20	0.883	0.800	0.846	0.843
11	1459	0.6	0.25	1.129	1.143	1.147	1.139
12	1459	0.8	0.30	0.496	0.516	0.500	0.504
13	1526	0.4	0.20	0.694	0.573	0.571	0.612
14	1526	0.6	0.25	0.344	0.334	0.400	0.359
15	1526	0.8	0.30	0.808	0.832	0.786	0.808
16	1592	0.4	0.20	0.827	0.735	0.610	0.724
17	1592	0.6	0.25	0.746	0.709	0.714	0.723
18	1592	0.8	0.30	1.416	1.315	1.462	1.397

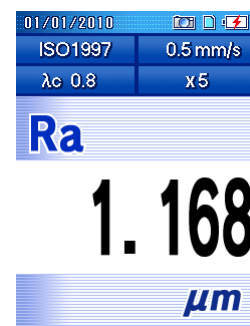
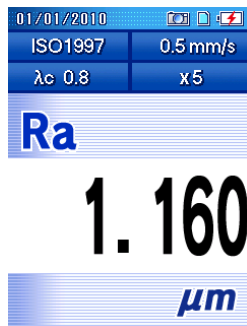
Benda uji percobaan awal setelah dilakukan proses permesinan CNC bubut dan hasil pengukuran kekasaran permukaan.



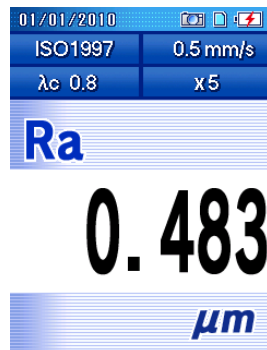
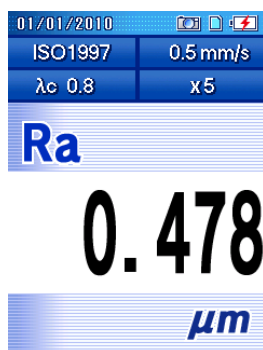
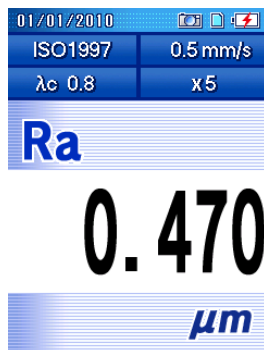
Data untuk eksperimen 1



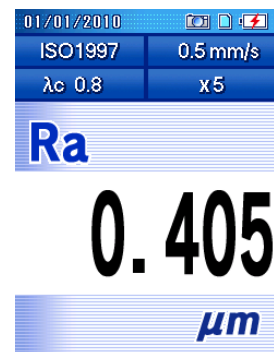
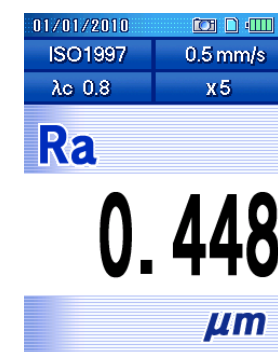
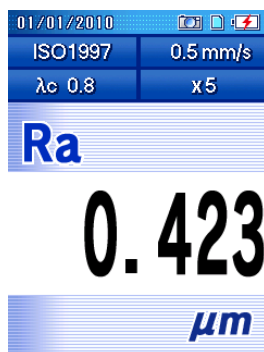
Data untuk eksperimen 2



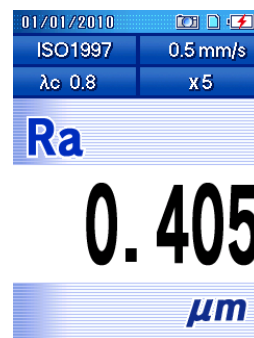
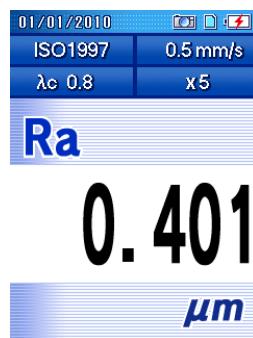
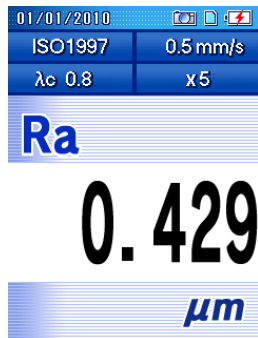
Data untuk eksperimen 3



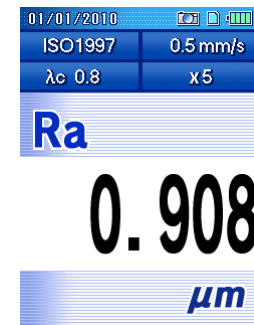
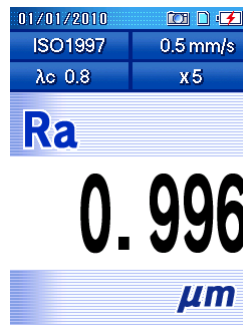
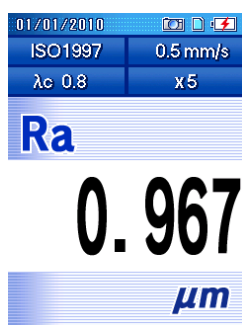
Data untuk eksperimen 4



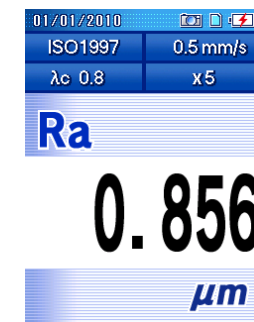
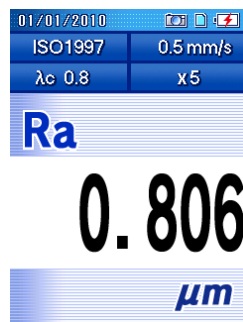
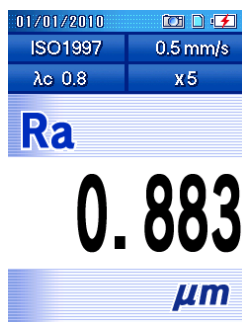
Data untuk eksperimen 5



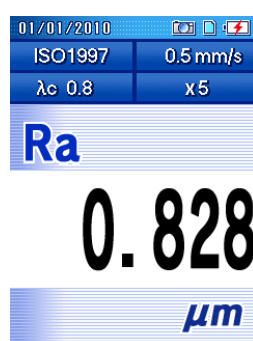
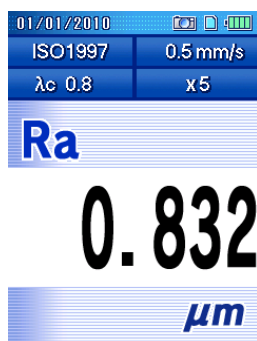
Data untuk eksperimen 6



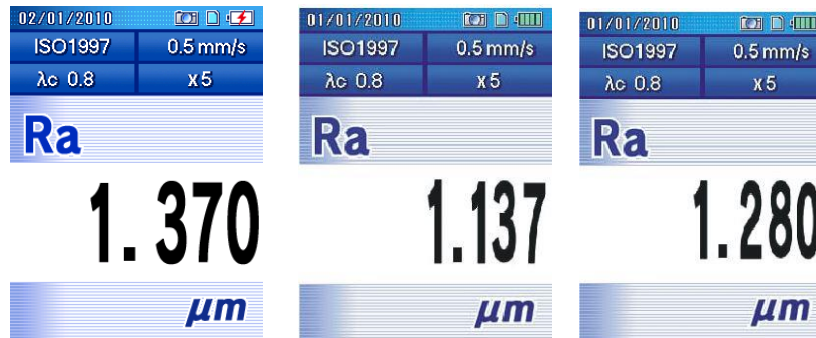
Data untuk eksperimen 7



Data untuk eksperimen 8



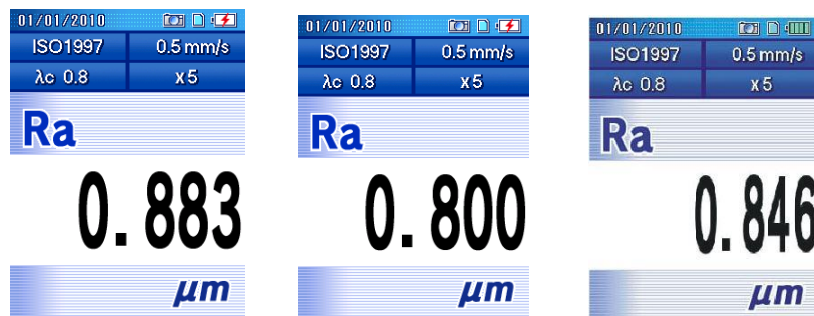
Data untuk eksperimen 9



Benda uji replikasi 1 setelah dilakukan proses permesinan CNC bubut dan hasil pengukuran kekasaran permukaan.



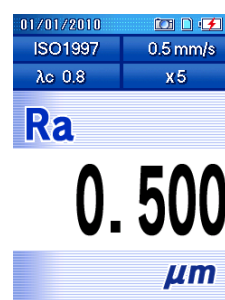
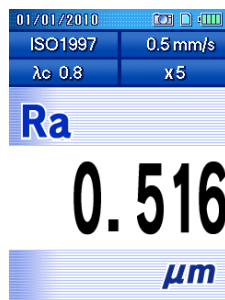
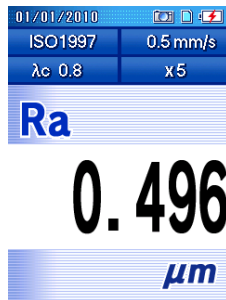
Data untuk eksperimen 10



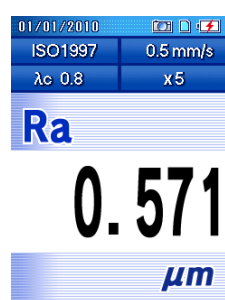
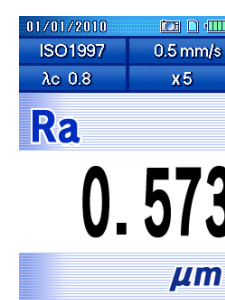
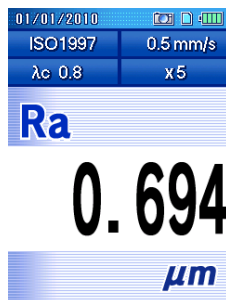
Data untuk eksperimen 11



Data untuk eksperimen 12



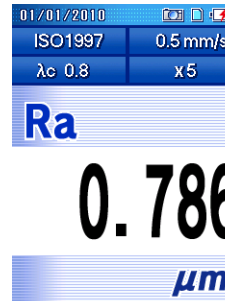
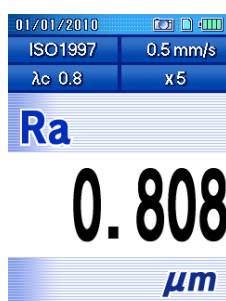
Data untuk eksperimen 13



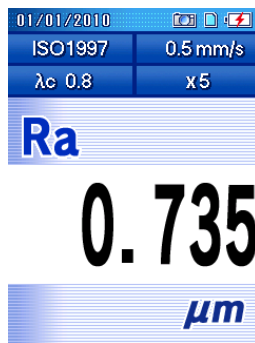
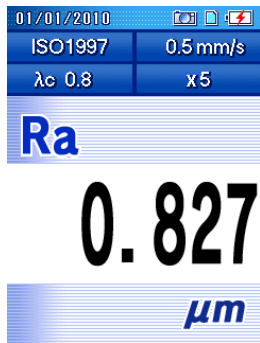
Data untuk eksperimen 14



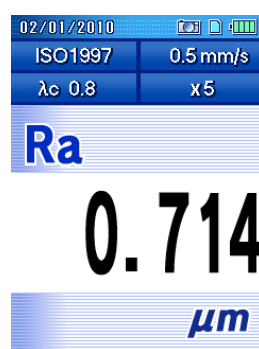
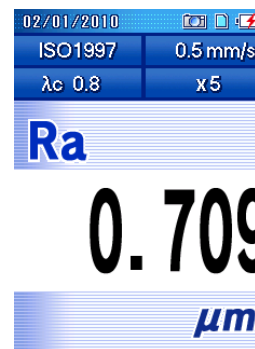
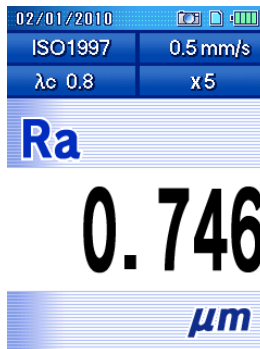
Data untuk eksperimen 15



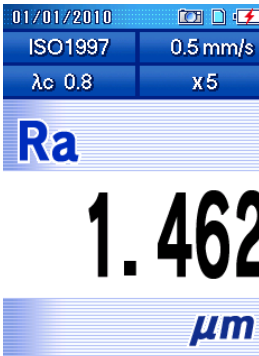
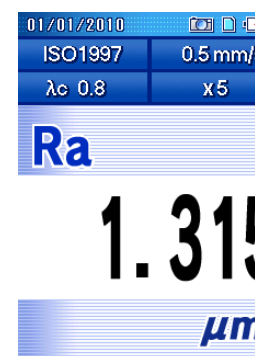
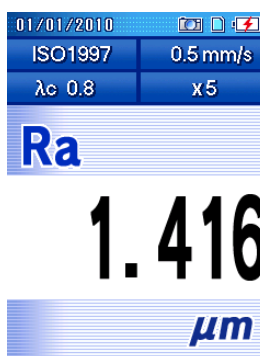
Data untuk eksperimen 16



Data untuk eksperimen 17



Data untuk eksperimen 18



Lampiran 3

Hasil Perhitungan Mean

EKSP	A	Faktor B	C	Data Awal	Replikasi 1	Jumlah	Mean
1	1459	0.4	0,20	0,823	0,843	1,666	0,833
2	1459	0.6	0,25	1,155	1,139	2,294	1,147
3	1459	0.8	0,30	0,477	0,504	0,981	0,490
4	1526	0.4	0,20	0,425	0,612	1,037	0,518
5	1526	0.6	0,25	0,411	0,359	0,770	0,385
6	1526	0.8	0,30	0,957	0,808	1,765	0,882
7	1592	0.4	0,20	0,855	0,724	1,579	0,789
8	1592	0.6	0,25	0,837	0,723	1,560	0,780
9	1592	0.8	0,30	1,262	1,397	2,659	1,329
Rata-rata							0,794

Lampiran 4

Kombinasi Parameter Proses untuk Respon Optimal

Simbol Parameter	Parameter Proses	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan Spindle	0,823	0,595	0,966
B	Kedalaman Pemakanan	0,713	0,770	0,900
C	Kecepatan Pemakanan	0,713	0,770	0,900
Total nilai rata-rata kekasaran permukaan = 0,794				

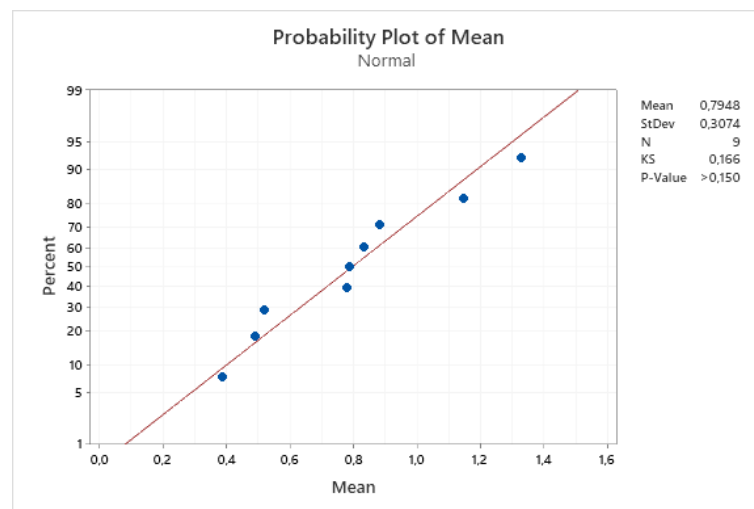
Lampiran 5

Tes normalitas data

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
REPLIKAS_1	.196	9	.200*	.913	9	.336
REPLIKASI_2	.211	9	.200*	.946	9	.648

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

a. Lilliefors Significance Correction



Lampiran 6

Data hitungan anova mean dan SN

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
RPM	2	0,21013	27,79%	0,21013	0,10507	0,47	0,513
A	2	0,05507	7,28%	0,05507	0,02753	0,12	0,856
F	2	0,05507	7,28%	0,05507	0,02753	0,12	0,856
Error	2	0,44703	57,65%	0,44703	0,22351		
Total	8	0,76730	100,00%				

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kecepatan spindle	2	29,765	30,38%%	29,765	14,883	0,50	0,489
Kedalaman pemakanan	2	4,384	4,47%	4,384	2,191	0,07	0,926
Kecepatan pemakanan	2	4,384	4,47%	4,384	2,191	0,07	0,926
Error	2	59,456	60,68%	59,456	29,728		
Total	8	97,989	100,00%				

Lampiran 7

Perhitungan RPM 1

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d} = \frac{110 \times 1000}{3,14 \times 24} = \frac{110.000}{75,36} = 1459,6603 \text{ (1459)}$$

Perhitungan RPM 2

$$n = \frac{RPM 1 + RPM 3}{2} = \frac{1459,6603 + 1592,35699}{2} = 1526,0085 \text{ (1526)}$$

Perhitungan RPM 3

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d} = \frac{120 \times 1000}{3,14 \times 24} = \frac{120.000}{75,36} = 1592,35699 \text{ (1592)}$$

Lampiran 8

Tabel vc benda kerja


BAHAN	VC (M/Minutes)	
	HSS	CARBIDE
<i>Mild stell, st37, ck10, ck22, st41</i>	20 - 25	60 - 120
<i>St60, ck45</i>	18 -21	70 - 200
<i>St70, ck60</i>	16 - 17	60 - 70
<i>Stainless Stell</i>	11-15	50-70
<i>Cast Steel</i>	10-16	60-75
<i>Cast Iron, Maleable Cast Iron</i>	16-20	45-60
<i>Bronze</i>	40-50	60-100
<i>Kuningan (brass)</i>	30-60	100-120
<i>Logam Ringan</i>	80-200	400-800

Tabel vc mata potong

Tipe Pahat	VC
CNMG120408-MA	110-160

Lampiran 9

Sertifikasi bahan uji



PT. STEEL SURYA MANDIRI
STEEL SUPPLIER, TRADER & STOCKIST
Menjual macam-macam Ad Pipe, Kawat, Plat
Tembaga, Kuningan, Aluminium, Stainless Steel

Kepada yth
CV MANDAT PRO
Jl. Pemuda Sungailiat Prop. Bangka Belitung

No. Faktur :
Tanggal :
Term :

Kami sampaikan informasi berdasarkan data yang bapak minta Komposisi Kimia Baja ST41 sebagai berikut :

Komposisi kimia baja Mild steel karbon rendah ST.41 Unsur % komposisi kimia Besi (Fe) 98,985 Karbon (C) 0,10 Mangan(Mn) 0,6 Silikon (Si) 0,25 Sulfur (S) 0,035

Si	0.15-0.35
Mn	0.5-0.7
P/S	0.050 Max
Fe	98.81-99.26%
Mo	-

Kekerasan	
Annealed	116-152 HB
Tempered	-

Kelebihan Kualitas Produk
Berbagai jenis dan spesifikasi kualitas, harga tetap terjangkau
Mudah dan nyaman dalam proses pembelian dan pengiriman barang
Dapat melayani pembelian dalam jumlah besar dan kecil

Tabel Konversi Berat

Material	Spesifikasi	Spesifikasi
SS 304	2000	1175
SS 316	2100	1400
SS 321	1800	1000
SS 409	2500	1000
SS 430	2600	1300
SS 432	1800	1000
SS 434	1800	1000

SS 304 = 1700 kg/cm²
SS 316 = 2000 kg/cm²
SS 321 = 1800 kg/cm²

KEBUTUHAN

- Melakukan inspeksi
- 0 - 2.5 x 10⁶ kg/cm²
- Melakukan pengujian
- 0 - 0.15 x 10⁶ kg/cm²
- Luas Permukaan
- 0 - 0.1
- Ketahanan korosi
- 0 - 10 x 10⁶ per °C


S = 2.20³ ton/cm² (Mpa) = 2.20³ kg/cm²
G = 98.985 Mpa = 4.32³ kg/cm²
fy = 250 Mpa = 1500 kg/cm²
fu = 35 Mpa = 210 kg/cm²

Setara

ST41
SS400
AISI 1018
DIN 17100
ST 44-2
ASTM A36
ASTM A283 Grade D
EN 5275/ BS 43A
JIS 3101

Demikian informasi yang dapat kami berikan atas kerjasamanya dan perhatiannya kami ucapkan terimakasih

Hormat Kami



(B. S. Surya/ahok)

PT. STEEL SURYA MANDIRI
Jln. Mangga Besar 1 No 54B,
Jakarta - 11180
Ph. +62-21-6258558, 6258622, 6258526, 6256874, 6256907
Fax. +62-21-6284804
www.ptsteelsm.co.id

Lampiran 10



Proses pemotongan benda kerja



Benda kerja yang telah dipotong



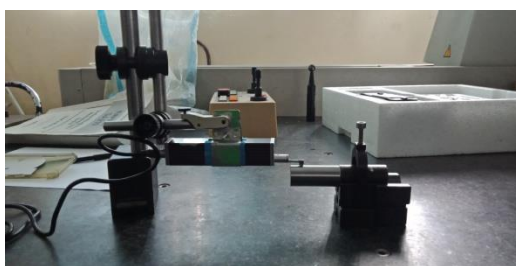
Proses pemasangan benda kerja ke *chuk* mesin CNC bubut



Proses menjalankan program CNC bubut



Benda kerja yang telah diproses pembubutan



Proses pengambilan data menggunakan alat uji kekasaran

Program CNC

```
PROGRAM                                O2611 N00000
O2611 (RAHMAT) ;
N1 ;
G50 S1500 ;
G00 T0505 ;
G98 S100 M03 ;
G00 X26. Z5. ;
G71 U1.5 R0.5 ;
G71 P10 Q20 U0. W0. F0.15 ;
N10 G00 X24.75 ;

) _ S O T0000
EDIT **** ** ** 15:46:31
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(REWIND)
```

```
PROGRAM                                O2611 N00000
G71 P10 Q20 U0. W0. F0.15 ;
N10 G00 X24.75 ;
G01 Z0. ;
G01 Z-30. ;
N20 G01 X26. ;
G00 X100. Z250. ;
M09 ;
M05 ;
M30 ;

) _ S O T0000
EDIT **** ** ** 15:46:48
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(REWIND)
```

