

**ANALISIS NILAI ALTEKASARAN PERMUKAAN
MATERIAL BAJA AISI 1045 PADA PROSES
PEMESINAN BUBUT CNC DENGAN METODE
TAGUCHI**

*Analysis of the surface roughness value of AISI 1045 steel material in the CNC
lathe machining process using the Taguchi method*

Tugas Akhir ini disusun memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin Dan Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Rahmat Dwi Cahyo

NPM : 1041756



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2021

**ANALISIS NILAI KEKASARAN PERMUKAAN
MATERIAL BAJA AISI 1045 PADA PROSES
PEMESINAN BUBUT CNC DENGAN METODE
TAGUCHI**

*Analysis of the surface roughness value of AISI 1045 steel material in the CNC
lathe machining process using the Taguchi method*

Tugas Akhir ini disusun memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin Dan Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin

Oleh:
Rahmat Dwi Cahyo
NPM : 1041756



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
2021**

ANALISIS NILAI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL BAJA AISI 1045 PADA PROSES PEMESINAN BUBUT CNC DENGAN METODE TAGUCHI

Penulis :

Rahmat Dwi Cahyo

NPM : 1041756

Penguji :

1. Ketua : Muhammad Subhan, S.S.T., M.T
2. Anggota : Juanda, S.S.T., M.T
3. Anggota : Zaldy Kurniawan, S.S.T., M.T



Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 25 Februari 2021

Dan disahkan sesuai dengan ketentuan.

Pembimbing Utama,



Muhammad Subhan, S.S.T., M.T.

NIDN : 0218127501

Pembimbing Pendamping,



Indah Riezky Pratiwi, M.Pd

NIDN : 0008109005

Ketua Jurusan,



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

NIDN : 0024018802

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”. (Al-Baqarah: 153).

“...bahwa satu-satunya hal yang menghalangi kita untuk berkembang dan menjadi lebih maju adalah ketidakpercayaan terhadap diri sendiri.” (Alanda Kariza).

“Try a little more daring, you will find your life” (Penulis)

“Know yourself and do whatever you like without harming the happiness of others” (Penulis)

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini kupersembahkan dengan segenap rasa kepada :

1. Ayah dan Ibunda tercinta atas segala dukungan, pengorbanan baik moral maupun material, doa yang tulus dan tanpa pamrih untuk keberhasilan penulis. Doamu adalah langkahku.
2. Ayukku tersayang, yang selalu memberikan dorongan, motivasi dan semangat kepada penulis agar cepat menyelesaikan laporan tugas Tugas Akhir ini.
3. Dosen pembimbing yang telah berkenan menyediakan waktu untuk membimbing serta mengarahkan dalam penyusunan makalah tugas akhir ini.
4. Sahabat-sahabat baikku yang telah memberikan inspirasi, dukungan, semangat dan banyak membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuanganku Teknik Mesin dan Manufaktur angkatan 2017 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Almamaterku tercinta, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

ABSTRAK

Hasil kekasaran permukaan yang minimal merupakan tujuan yang diinginkan pada proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25, harus dilakukan pengaturan parameter-parameter proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25 yang tepat agar diperoleh respon kekasaran permukaan benda kerja yang minimal.

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk menentukan kontribusi dari parameter-parameter proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25 untuk mengurangi variasi dari respon kekasaran permukaan benda kerja secara serentak. Dan dilakukan setting parameter yang tepat dari parameter-parameter proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25 agar dapat diperoleh kekasaran permukaan benda kerja yang minimal. Parameter proses pemesinan yang divariasikan adalah kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan. Rancangan percobaan ditetapkan berdasarkan metode Taguchi dan berupa matriks ortogonal L9 (3^3). Metode analisis yang digunakan adalah Taguchi. Percobaan dilakukan secara acak dengan replikasi sebanyak 2 kali untuk mengatasi faktor gangguan yang terjadi selama proses pemesinan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengurangi variasi dari respon secara serentak, kecepatan potong memiliki kontribusi terbesar yaitu sebesar 36,50%, kedalaman pemakanan memiliki kontribusi yaitu sebesar 16,28%. dan gerak makan memiliki kontribusi terkecil yaitu sebesar -12,45%. Untuk memperoleh kekasaran permukaan benda kerja yang minimal pada baja AISI 1045 dengan proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25, kecepatan potong diatur sebesar 150 m/menit, kedalaman pemakanan diatur sebesar 0,40 mm dan gerak makan diatur sebesar 0,35 mm/put.

Kata kunci : AISI 1045, CNC MORI SEIKI SL-25, Kekasaran Permukaan, Metode Taguchi

ABSTRACT

The result of minimal surface roughness is the desired goal in the machining process of the CNC MORI SEIKI SL-25, it is necessary to set the precise machining process parameters of the CNC MORI SEIKI SL-25 in order to obtain a minimal response to the surface roughness of the workpiece.

The research that has been carried out aims to determine the contribution of the machining process parameters of the CNC MORI SEIKI SL-25 to reduce the variation of the surface roughness response of the workpiece simultaneously. And the determination of the exact settings of the machining process parameters of the CNC MORI SEIKI SL-25 in order to obtain minimum surface roughness of the workpiece. The parameters of the machining process that were varied were cutting speed, depth of cut and feeding. The experimental design was determined based on the Taguchi method and is an orthogonal matrix L9 (3³). The analysis method used is Taguchi. The experiment was carried out randomly with replication 2 times to overcome the disturbance factors that occurred during the machining process.

The results showed that to reduce the variation of the response simultaneously, cutting speed has the largest contribution of 36.50%, The depth of cut has a contribution of 16.28% and feeding has the smallest contribution of -12.45%. To obtain a minimum surface roughness on AISI 1045 steel with the machining process CNC MORI SEIKI SL-25, cutting speed is set at 150 m/min, depth of cut is set at 0,40 mm and feeding is set at 0,35 mm/put.

Word key : AISI 1045, CNC MORI SEIKI SL-25, Surface Roughness, Taguchi Method

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikah rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktunya. Tugas akhir ini berjudul **“Analisis Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 1045 Pada Proses Pemesinan Bubut CNC Dengan Metode Taguchi”**

Dengan telah selesainya tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak untuk menambahkan pengetahuan tentang tugas akhir ini. Adapun maksud dan tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menyadari atas segala keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki penulis, sehingga dalam penyusunan makalah tugas akhir ini tidak terlepas banyak kekurangan, baik itu dari segi isi ataupun materi dalam susunan kalimatnya. Oleh karena itu, kiranya pembaca dapat memaklumi kekurangan yang ada, serta semua kritik dan saran maupun masukan sangat penulis harapkan guna untuk memperbaiki makalah ini kearah yang lebih baik.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan arahan serta membimbing penulis yaitu:

1. Keluarga tercinta, khususnya Ayah dan Ibu serta Ayukku yang selalu memberikan semangat, dukungan moral maupun materil, motivasi dan doanya sehingga tugas akhir ini terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
2. Bapak Muhammad Subhan, S.S.T., M.T. selaku Wakil Direktur II Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung sekaligus sebagai Dosen Wali dan Dosen Pembimbing Utama yang telah berkenan menyediakan waktu untuk membimbing serta mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Indah Reizky Pratiwi, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah berkenan menyediakan waktu untuk membimbing serta mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir ini.

4. Bapak Pristiansyah S.S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Seluruh dosen, staf pengajar dan teknisi pada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, khususnya pada program studi Teknik Mesin dan Manufaktur yang telah membuka pikiran dan wawasan keilmuan kami.
7. Seluruh pegawai Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Rekan seperjuangan bimbingan Muhammad Syaifullah dan Egi Endrian yang telah membantu memberikan motivasi dan dukungan dalam kelancaran tugas akhir ini. Terima kasih untuk kalian.
9. Sahabat-sahabat baikku, teman-teman tempat berbagi curahan hati khususnya (Up_5_Ribu) dan teman-teman seperjuangan, terutama kelas Teknik Mesin dan Manufaktur B angkatan 2017 yang telah memberikan motivasi dan semangat serta doa dan pengertiannya kepada penulis. Merupakan kebahagiaan dapat bertemu dan berteman dengan kalian semua.
10. Dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan motivasi serta dukungannya dalam kelancaran menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebut satu-persatu. Terima kasih atas semuanya.

Akhir kata penulis berharap semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya penulis dan pembaca pada umumnya untuk menambah pengetahuan kita dan semoga Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dapat tumbuh dan berkembang pada generasi yang akan datang.

Sungailiat, Februari 2021

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-4
1.3 Tujuan Masalah.....	I-4
1.4 Manfaat Penelitian	I-4
1.5 Batasan Penelitian	I-5
1.6 Sistematika Penulisan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1 Baja AISI 1045.....	II-1
2.1.1 Pengertian Baja AISI 1045	II-1
2.1.2 Penggunaan Baja AISI 1045	II-1
2.1.3 Unsur Baja AISI 1045.....	II-2
2.1.4 Sifat Mekanik Baja AISI 1045.....	II-2

2.2 Mesin Bubut CNC.....	II-3
2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC.....	II-3
2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC	II-3
2.2.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC.....	II-4
2.2.4 Pemrograman Mesin Bubut CNC	II-7
2.2.5 Parameter Pengoperasian Mesin Bubut CNC	II-10
2.3 Kekasaran Permukaan.....	II-12
2.4 Metode Taguchi	II-16
2.4.1 Pengertian Metode Taguchi	II-16
2.4.2 Tahapan Desain Eksperimen Taguchi.....	II-16
2.4.2.1 Tahapan Perencanaan Eksperimen	II-16
2.4.2.2 Tahapan Pelaksanaan Eksperimen.....	II-19
2.4.2.3 Tahap Analisis	II-20
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1 Tahapan Penelitian.....	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	III-2
3.3 Alat dan Bahan.....	III-3
3.3.1 Alat penelitian.....	III-3
3.3.2 Bahan Penelitian	III-6
3.4 Parameter Penelitian.....	III-7
3.4.1 Parameter Terikat (<i>Dependent Parameter</i>).....	III-7
3.4.2 Parameter Bebas (<i>Independent Parameter</i>).....	III-7
3.4.3 Parameter Kontrol.....	III-7
3.4.4 <i>Noise</i>	III-8
3.5 Pemilihan Matriks Ortogonal.....	III-8

3.6 Prosedur Percobaan.....	III-10
3.7 Pengambilan Data Hasil Percobaan	III-17
3.8 Data Hasil Percobaan	III-17
3.9 Metode Analisis	III-18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan	IV-1
4.2 Analisis Varian Taguchi.....	IV-3
4.2.1 Perhitungan <i>Mean</i> Terhadap Respon	IV-3
4.2.2 Perhitungan Langsung Rata-rata Terhadap Respon.....	IV-6
4.2.3 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon	IV-7
4.2.4 Perhitungan Langsung Nilai Rasio S/N Terhadap Respon	IV-10
4.3 Analisis <i>Of</i> Varian Rasio S/N	IV-11
4.4 Persen Kontribusi	IV-14
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Unsur Baja Karbon AISI 1045	II-2
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Baja Karbon AISI 1045	II-3
Tabel 2.3 Macam-macam Kode G dan Kegunaannya	II-9
Tabel 2.4 Macam-macam Kode M dan Kegunaannya	II-9
Tabel 2.5 Nilai Kecepatan Potong (VC)	II-10
Tabel 2.6 Standarisasi Simbol Nilai Kekasaran	II-15
Tabel 2.7 Proses Pengerjaan untuk Kekasaran Permukaan	II-15
Tabel 2.8 Level-level Matrik Ortogonal	II-19
Tabel 3.1 <i>Surface Roughness Tester</i> Mitutoyo SJ-210	III-5
Tabel 3.2 Daftar Parameter Bebas dan Level	III-7
Tabel 3.3 Daftar Parameter Kontrol dan Level	III-7
Tabel 3.4 Total Derajat Kebebasan Parameter Bebas	III-8
Tabel 3.5 Rancangan Eksperimen Berdasarkan Matriks Ortogonal L ₉	III-9
Tabel 3.6 Alat Pendukung dalam Penelitian dan Kegunaannya	III-11
Tabel 3.7 Alat Pendukung dalam Pengukuran Kekasaran dan Kegunaannya	III-15
Tabel 3.8 Data Hasil Percobaan Pengukuran Kekasaran	III-18
Tabel 4.1 Data Awal Hasil Pengukuran Kekasaran	IV-1
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Kekasaran	IV-4
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Kekasaran dengan <i>Software</i> Analisis	IV-4
Tabel 4.4 Respon Parameter terhadap <i>Mean</i>	IV-5
Tabel 4.5 Respon Rata-rata Parameter terhadap Hasil Kekasaran Permukaan	IV-6
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Rasio S/N untuk Respon	IV-8
Tabel 4.7 Respon Rasio S/N Parameter terhadap <i>Mean</i>	IV-9

Tabel 4.8 Respon Rasio S/N Parameter terhadap Hasil Kekasaran Permukaan ...	IV-10
Tabel 4.9 Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan dari Pengaruh Parameter....	IV-11
Tabel 4.10 Hasil Anova.....	IV-12
Tabel 4.11 Keputusan Uji	IV-12
Tabel 4.12 Perbandingan Level dari Kecepatan Potong terhadap Respon S/N....	IV-13
Tabel 4.13 Perbandingan Level dari Kedalaman Pemakanan terhadap Respon S/N	IV-13
Tabel 4.14 Perbandingan Level dari Gerak Makan terhadap Respon S/N	IV-14
Tabel 4.15 Persen Kontribusi Rasio S/N.....	IV-16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sumbu Koordinat X dan Y Mesin Bubut CNC.....	II-4
Gambar 2.2 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC.....	II-5
Gambar 2.3 Metode <i>Incremental</i>	II-7
Gambar 2.4 Metode <i>Absolute</i>	II-8
Gambar 2.5 Profil Permukaan Kekasaran.....	II-13
Gambar 2.6 Lebar Gelombang dan Lebar Kekasaran.....	II-14
Gambar 3.1 Gambar Diagram Alir Penelitian	III-1
Gambar 3.2 Mesin Bubut CNC MORI SEIKI SL-25	III-3
Gambar 3.3 Mata Potong <i>Insert Carbide</i>	III-4
Gambar 3.4 Spesifikasi Mata Potong <i>Insert Carbide</i>	III-4
Gambar 3.5 <i>Surface Roughness Tester</i> Mitutoyo SJ-210	III-5
Gambar 3.6 Jangka Sorong Ketelitian 0,05 mm	III-6
Gambar 3.7 Ukuran dan Bentuk Material	III-6
Gambar 3.8 Baja AISI 1045.....	III-10
Gambar 3.9 a. <i>Handle Chuck</i>	III-10
Gambar 3.9 b. Spidol	III-10
Gambar 3.9 c. Obeng	III-11
Gambar 3.9 d. Oli.....	III-11
Gambar 3.10 Pemasangan Benda Kerja.....	III-12
Gambar 3.11 Pemasangan <i>Insert Carbide</i> CNMG120408-MA.....	III-12
Gambar 3.12 <i>Setting</i> Parameter sesuai dengan Kombinasi.....	III-13
Gambar 3.13 Benda Kerja setelah Proses Pemesinan Bubut CNC.....	III-14
Gambar 3.14 a. <i>V-Block</i>	III-14

Gambar 3.14 b. <i>Holder Dial</i>	III-14
Gambar 3.15 Kalibrasi Alat Ukur Kekasaran	III-15
Gambar 3.16 <i>Setting</i> Ketinggian Benda Kerja dan Alat Ukur Kekasaran	III-16
Gambar 3.17 Skema Proses Pengukuran Kekasaran Permukaan Benda Kerja	III-16
Gambar 3.18 Titik Pengambilan Data Kekasaran Permukaan Benda Kerja.....	III-17
Gambar 4.1 Grafik Kekasaran Rata-rata untuk Masing-masing Level Parameter	IV-5
Gambar 4.2 Grafik Respon Rasio S/N untuk Masing-masing Level Parameter...	IV-10

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP
Lampiran 2 Pemilihan Parameter Bebas dan Levelnya
Lampiran 3 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan dan Nilai Rasio S/N....
Lampiran 4 Uji Distribusi Normal
Lampiran 5 Uji Homogen
Lampiran 6 Perhitungan Anova Dua Arah Rasio S/N
Lampiran 7 Kecepatan Potong

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dunia industri manufaktur saat ini perkembangannya sangat pesat. Hal ini dikarenakan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju, dapat dilihat dari bagaimana kualitas suatu produk atau barang hasil produksi yang dihasilkan. Meningkatnya hasil produksi dilakukan sesuai dengan kualitas peralatan produksi yang dipakai dalam keadaan layak pada bidang pemesinan logam dan mesin perkakas lainnya (Santoso, et al., 2019). Proses produksi yang dapat dilakukan untuk mempercepat waktu proses dengan tingkat kepresisian yang baik adalah dengan menggunakan mesin sehingga proses produksi dapat meningkatkan efisiensi kerja dan meminimalkan biaya produksi.

Proses pemesinan dalam proses produksi adalah proses pemesinan yang harus digunakan sesuai dengan tuntutan hasil produksi. Dimana tingkat kepresisian, ketelitian, kualitas maupun kuantitas dari suatu produk menjadi hal utama pengerjaan dalam proses pemesinan. Mesin *Computer Numerical Control* disingkat CNC adalah salah satunya. Kelebihan dari mesin CNC ini adalah dapat memproduksi barang massal dengan program dan setingan yang sama tanpa perlu mengatur ulang setingannya karena terkontrol oleh komputer. Untuk mencapai kapasitas produksi yang tinggi dalam proses pemesinan dibutuhkan waktu yang sesingkat mungkin dalam pembuatan komponen (Sunyapa, 2016).

Dalam proses pemesinan CNC, hal utama yang harus diperhatikan dari hasil proses pemesinan adalah tingkat kekasaran permukaan. Dimana tingkat kekasaran permukaan suatu benda kerja pada proses pemesinan yang dihasilkan harus sesuai dengan kebutuhan. Tingginya suatu tingkat kualitas permukaan benda kerja akan sama tingginya dengan tingkat kepresisian benda kerja (Raul, et al., 2016). Dari kepresisian tingkat kekasaran permukaan akan mempengaruhi fungsi dari suatu produk dengan evaluasi apakah produk akan diterima atau tidak. Terutama untuk bagian-bagian dari elemen mesin yang berpasangan ataupun bergesekan. Tingginya tingkat kekasaran permukaan akan mempengaruhi kinerja dari

komponen elemen mesin yang berpasangan sehingga akan terganggu komponen pasangan lainnya dan dapat mengurangi umur pemakaian komponen tersebut.

Kualitas dari suatu permukaan benda kerja pada proses pemesinan akan dipengaruhi oleh banyak faktor yang terjadi yaitu perlakuan panas yang kurang baik, variasi kecepatan potong, posisi senter, ketajaman dan sudut pisau pemotongan, getaran pada mesin dan sebagainya (Santoso, et al., 2019). Selain faktor-faktor yang disebutkan diatas, faktor lain juga mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan seperti kecepatan spindel dan kedalaman pemakanan. Penelitian pada hasil proses pemesinan tentang kualitas kekasaran permukaan suatu benda kerja sudah sering diteliti, hal ini bertujuan untuk memperbaiki lagi tingkat kualitas kekasaran permukaan suatu benda kerja dalam proses pemesinan dengan hasil yang maksimal.

Penelitian yang dilakukan (Ardianto, 2010) menjelaskan bahwa kekasaran permukaan suatu benda kerja dipengaruhi oleh variasi kecepatan spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan. Dimana dari ketiga parameter tersebut tingkat kekasaran permukaan suatu benda kerja pada baja ST 40 dengan hasil pemesinan CNC bubut yang menghasilkan kekasaran paling rendah adalah kecepatan spindel diatur 1250 rpm, kecepatan pemakanan diatur 0,07 mm/rev dan kedalaman pemakanan diatur 0,25 mm yaitu 1,30 μm .

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Zubaidi, et al., 2012) menjelaskan tentang pengaruh proses pemesinan CNC bubut dengan variasi kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan pada material FCD 40. Dimana semakin besar harga *feeding* semakin besar tingkat kekarasan permukaannya sebaliknya dengan kecepatan putar, semakin cepat putarannya semakin rendah tingkat kekasarannya. Nilai kekasaran paling rendah pada kecepatan pemakanan (*feeding*) 0,05 mm/rev dengan putar (RPM) tetap yaitu 2,87 μm dan nilai kekasaran paling rendah pada kecepatan putar dengan *feeding* tetap yaitu menghasilkan kekasaran permukaan sebesar 2,33 μm .

Penelitian berikutnya dilakukan oleh (Raul, et al., 2016) memaparkan tentang pengaruh variasi kecepatan potong dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja ST 41 pada mesin bubut. Dimana yang

menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah adalah kecepatan potong (VC) diatur 170 m/menit dan kedalaman pemakanan diatur 0,6 mm yaitu menghasilkan kekasaran permukaan sebesar 2,784 μm .

Penelitian lain juga yang dilakukan (Apreza, et al., 2017) meneliti tentang optimasi kekasaran permukaan proses pembubutan baja ST 42 dengan pengaturan parameter yang memiliki nilai kekasaran permukaan paling rendah adalah putaran *spindle* diatur sebesar 2748 rpm, gerak makan diatur sebesar 0,15 mm/put dan kedalaman pemakanan diatur sebesar 0,5 mm dengan nilai kekasaran yaitu 0,83 μm .

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Kurniawan, et al., 2018) juga meneliti tentang optimasi kekasaran permukaan material Amutit dengan proses CNC turning dengan pengaturan parameter yang memiliki nilai kekasaran permukaan paling rendah adalah putaran *spindle* diatur sebesar 2420 rpm, kecepatan potong (*feeding*) diatur sebesar 0,25 mm/put dan dalam pemakanan diatur sebesar 1 mm dengan nilai kekasaran yaitu 2,988 μm .

Dari penelitian diatas baja yang ingin digunakan penulis dalam penelitian ini adalah baja dari jenis baja karbon sedang khususnya pada baja *American Iron and Steel Insitute* (AISI 1045). Baja AISI 1045 ialah baja karbon kelas menengah yang mempunyai kandungan karbon berkisar 0,43% - 0,50%. Baja AISI 1045 digunakan sebagai keperluan alat perkakas bagian-bagian mesin yang banyak digunakan untuk bahan pembuatan komponen roda gigi, bantalan dan poros. Untuk menentukan rancangan eksperimen dari variasi proses pemesinan yang meliputi kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan ialah menggunakan desain metode taguchi.

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian guna untuk melihat pengaruh kekasaran permukaan benda kerja dari proses pemesinan CNC bubut. Untuk itu, penulis melakukan penelitian ini dengan judul **“Analisis Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 1045 pada Proses Pemesinan Bubut CNC dengan Metode Taguchi”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar kontribusi parameter pemesinan kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja pada material baja AISI 1045 proses pembubutan?
2. Bagaimana pengaturan *setting* parameter tersebut agar menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah pada material baja AISI 1045 dengan metode taguchi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi parameter pemesinan kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja pada material baja AISI 1045 proses pembubutan.
2. Untuk mengetahui pengaturan *setting* parameter tersebut agar menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah pada material baja AISI 1045 dengan metode taguchi.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis melalui penelitian ini adalah:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan mampu memperluas wawasan dan sekaligus memperoleh pengetahuan mengenai pengaruh variasi proses pemesinan (kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan) pada mesin CNC bubut terhadap nilai kekasaran suatu permukaan benda kerja.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan benda kerja yang baik dalam peningkatan kualitas produk terkait dengan pengaruh variasi proses pemesinan (kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan) pada mesin CNC bubut.

1.5 Batasan Masalah

Agar masalah dalam penelitian ini lebih terfokus pada tujuan dan tidak menyimpang dari tujuan yang direncanakan semula, sehingga agar lebih mudah memperoleh data dan informasi yang diperlukan, penulis menetapkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI 1045.
2. Dimensi benda kerja adalah diameter x panjang = $\varnothing 30 \times 100$ mm.
3. Proses permesinan yang digunakan adalah mesin CNC bubut MORI SEIKI SL-25.
4. Pahat yang digunakan adalah pahat *Insert Carbide* CNMG120408-MA.
5. Proses pembubutan CNC yang dilakukan hanya variasi kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan.
6. Rancangan percobaan ini menggunakan metode taguchi L9.
7. Pengujian kekasaran permukaan benda kerja menggunakan *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menyajikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan dalam penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menyajikan tentang tinjauan pustaka mengenai teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini untuk mempermudah dalam penyelesaian penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menyajikan tentang tahapan penelitian, metode penelitian, parameter-parameter penelitian, prosedur percobaan, pengambilan data percobaan dan teknik pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan tentang uraian hasil pengambilan data dan pembahasan mengenai data serta menganalisa data hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menyajikan tentang kesimpulan dan saran yang telah didapatkan untuk dilakukan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja AISI 1045

2.1.1 Pengertian Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon dengan kandungan karbon sekitar 0,43-0,50% yang termasuk dalam kategori baja karbon sedang atau baja karbon menengah. Baja AISI 1045 merupakan standarisasi baja AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Terdapat beberapa regulasi dalam standarisasi baja berdasarkan AISI dan SAE yang diwakili oleh 4 atau 5 angka (Rifnaldy, et al., 2019). (1) angka pertama menunjukkan jenis baja. (2) angka kedua menunjukkan tingkat elemen paduan untuk baja paduan sederhana, untuk baja paduan tingkat jenis baja paduan kompleks yang dimodifikasi. (3) dua atau tiga angka terakhir menampilkan persentase kandungan karbon (%). (4) jika terdapat huruf di depan angka tersebut, maka huruf tersebut menunjukkan proses pembuatan baja.

Jadi baja AISI 1045 pada angka 10 menyatakan baja karbon atau *plain carbon steel* sedangkan angka 45 menunjukkan bahwa kandungan karbon pada baja tersebut memiliki persentase 0,45% (Pramono, 2011). Baja AISI 1045 mempunyai karakteristik proses pengerjaan yang sangat baik, sifat mekanik yang dapat dilas, kemampuan mesin yang baik serta mempunyai kekerasan yang baik dan ketahanan aus.

2.1.2 Penggunaan Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 digunakan sebagai bahan utama pembuatan suku cadang atau komponen mesin, seperti poros, roda gigi, bantalan, batang penghubung piston dan rantai. Menurut (Pramono, 2011) spesifikasi baja ini banyak digunakan sebagai komponen otomotif, seperti komponen roda gigi, poros dan bantalan yang digunakan pada kendaraan bermotor. Menurut (Yusman, 2018) penggunaan baja AISI 1045 secara umum dapat digunakan sebagai material pembuatan suku cadang mesin alat-alat perkakas.

Menurut (Rifnaldy, et al., 2019) baja AISI 1045 banyak digunakan pada komponen mesin sebagai komponen roda gigi, poros, batang penghubung piston dan rantai, menurut penggunaan termasuk kedalam baja kontruksi. Fungsi komponen mesin yang terbuat dari baja AISI 1045 yaitu sebagai berikut:

- Roda gigi berfungsi sebagai komponen untuk meneruskan atau mentransmisikan daya.
- Poros berfungsi sebagai meneruskan tenaga bersama dengan putaran.
- Batang penghubung piston berfungsi untuk mentransmisi daya.
- Rantai berfungsi untuk mentransmisi daya dan putaran.

Pada pengaplikasiannya baja AISI 1045 harus mempunyai ketahanan aus yang baik, hal ini dikarenakan sesuai dengan fungsi dari komponen tersebut agar mampu menahan keausan terhadap pengurangan dimensi yang terjadi akibat gesekan pada bagian komponen tersebut.

2.1.3 Unsur Baja AISI 1045

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

Tabel 2.1 Unsur Baja Karbon AISI 1045

Unsur	%	Sifat Mekanik Lainnya
Karbon	0,42-0,50	<i>Tensile strenght</i>
Mangan	0,60-0,90	<i>Yield strenght</i>
Sulfur	Maks. 0,035	<i>Elongation</i>
Fosfor	Maks. 0,040	<i>Reduktion in area</i>
Silican	0,15-0,40	<i>Hardness</i>

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

2.1.4 Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Adapun sifat-sifat mekanik yang terdapat pada baja karbon AISI 1045 menurut standar ASTM A 827-85 dapat dilihat dari Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Baja Karbon AISI 1045

Sifat Mekanik	Keterangan
Kekuatan Tarik	396 N/mm ²
Kekuatan Luluh	380 N/mm ²
Elongation	16 % /mm ²
Modulus Elastisitas	200 Gpa
Massa Jenis	7,89 gr/cm

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

2.2 Mesin Bubut CNC

2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC

Pengertian mesin CNC atau kepanjangan dari *Computer Numerical Control* merupakan sistem dimana pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dengan mekaniknya. Keunggulan dari mesin perkakas CNC lebih baik dari segi ketelitian, kepresisian, fleksibilitas dan kapasitas produksi.

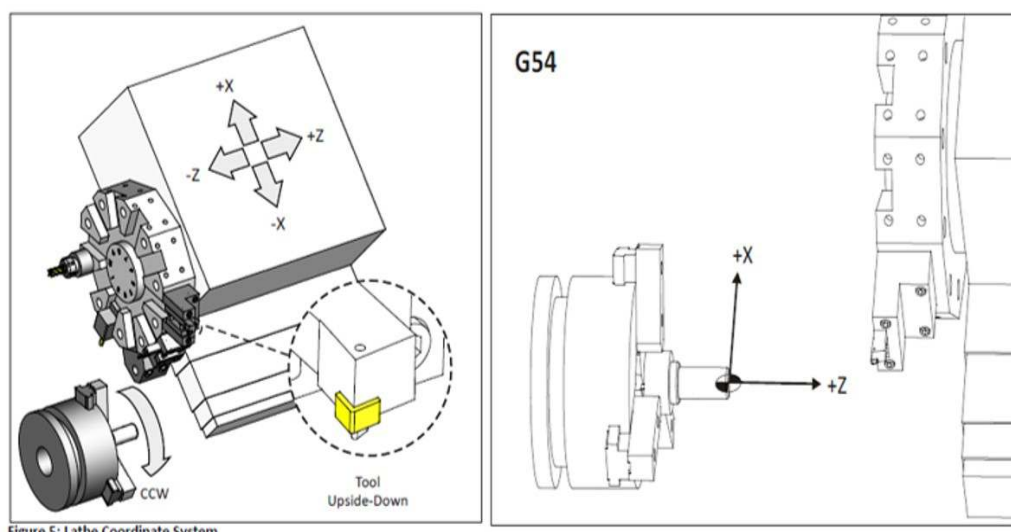
Jadi mesin CNC sendiri dapat diartikan sebagai mesin yang dikendalikan oleh komputer dengan menggunakan bahasa digital, dimana mesin tersebut dapat bekerja sesuai dengan perintah kode melalui pengaturan kode yang terstandarisasi dalam kode pemesinan CNC (Widarto, 2008). Jadi mesin CNC bubut adalah suatu mesin perkakas yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf) untuk memotong benda kerja yang berputar.

2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC

Pada dasarnya prinsip kerja mesin bubut CNC sama hal dengan prinsip kerja mesin bubut konvensional mempunyai prinsip gerakan dasar yaitu gerakan ke arah melintang dan horinzontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Z dengan benda kerja dipasang pada cekam bergerak dan alat potong diam. Kebanyakan mesin bubut diprogram pada dua sumbu sebagai berikut:

- Sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
- Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar dengan sumbu putar.

Arah gerakan pada mesin bubut CNC dilambangkan dengan sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar dan sumbu Z digunakan untuk arah gerakan memanjang yang sejajar dengan sumbu putar (Widarto, 2008) pada ditunjukkan pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



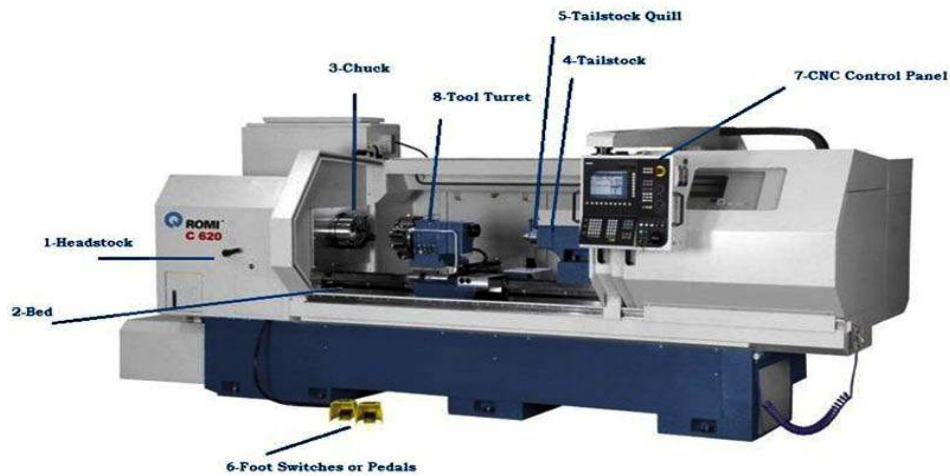
Gambar 2.1 Sumbu Utama Koordinat X Dan Y Mesin Bubut CNC

Sumber : (Arifin, 2017)

Sumbu X didefinisikan sebagai sumbu tegak lurus dengan poros utama mesin bubut. Arah positif dari sumbu X adalah arah menjauh sumbu utama. Dengan kata lain sumbu X adalah diameter benda kerja. Sumbu Z adalah sumbu yang sejajar dengan poros utama dan arah positif adalah arah menjauh dari kepala mesin bubut yang tetap. Dengan kata lain sumbu Z adalah panjang benda kerja yang sedang diproses. Untuk membuat program CNC digunakan sistem koordinat benda kerja atau *Workpiece Coordinate System* (WCS). Titik nol benda kerja terletak pada titik diameter paling kanan benda kerja.

2.2.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC

Bagian-bagian utama dari mesin bubut CNC dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2.2 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC

Sumber : (Furqoni, 2020)

Bagian-bagian utama mesin bubut CNC (Furqoni, 2020) yaitu :

1. Kepala tetap atau (*Headstock*)

Bagian ini tidak jauh berbeda dengan mesin bubut konvensional. Pada bagian ini terdapat motor untuk memutar poros utama dan unit roda gigi. Perangkat roda gigi digunakan untuk mengatur kecepatan mesin. Akan tetapi, cara mengatur kecepatan mesin tidak lagi menggunakan *handle*. Tetapi menggunakan program/perintah yang dimasukkan melalui *panel*. Sebagai pengikat benda kerja, tersambung *chuck* ke bagian tersebut.

2. Meja Mesin CNC bubut (*Lathe bed CNC*)

Meja mesin ini digunakan sebagai landasan atau lintasan untuk alat potong yang dipasang pada turret. Umumnya dibuat dari bahan yang dikeraskan agar tidak mudah terkikis pada saat terkena gesekan.

3. Cekam (*Chuck*)

Cekam berfungsi untuk menjepit benda kerja yang akan diproses. Pencekaman benda kerja harus benar-benar kuat. Sehingga hasil pengerjaan menjadi maksimal.

4. Kepala Lepas (*Tailstock*)

Bagian ini berfungsi sebagai pendukung cekam dalam pencekaman benda kerja. Misalnya untuk benda kerja yang relatif panjang, sehingga gerakan atau putarannya menjadi lebih stabil. Selain itu, kekuatan pencekamannya juga lebih kuat. Posisi benda kerja tidak mudah bergeser, sehingga proses pemesinan dapat diselesaikan dengan lancar.

5. *Tailstock Quil*

Tailstock quil berfungsi untuk melakukan memperkuat pencekaman. Dengan bantuan tekanan hidrolik/pneumatik. Karena ketika kita mendekatkan *tailstock* dengan benda kerja dan menempelkannya. Itu hanya memosisikan ujung *tailstock* dekat dengan benda kerja. Sehingga membutuhkan tekanan dari *tailstock quil* untuk memperkuat pencekaman.

6. Pedal Kaki (*Foot pedals*)

Pedal kaki ini digunakan untuk mengatur *chuck* dan *tailstock*. Dengan pedal ini kita dapat memasang dan melepas benda kerja dengan mudah. Bisa digunakan untuk membuka dan menutup cekam. Pedal ini juga berfungsi untuk memajukan dan memundurkan *tailstock*.

7. Panel Kontrol CNC (*CNC Control panel*)

Panel Kontrol ini adalah otak dari mesin CNC. Semua program CNC dimasukkan melalui panel ini. Operator mesin mengendalikan seluruh mesin menggunakan tombol-tombol yang ada pada panel ini. Dimulai dari menyalakan mesin sampai selesainya pekerjaan. Dapat juga digunakan untuk membuat

program baru atau mentransfer program melalui *usb port* yang tersedia. Bagian ini adalah bagian terpenting dalam pengendalian mesin.

8. *Tool Turret*

Berbeda dengan mesin bubut konvensional. Peran *toolpost* digantikan dengan *tool turret*. Alat potong yang dibutuhkan dipasang pada *turret*. Ada berbagai macam *tool turret*, baik itu menurut bentuk dan jumlah alat potong yang dapat dipasang.

2.2.4 Pemrograman Mesin Bubut CNC

Pemrograman adalah suatu urutan perintah yang disusun secara rinci tiap blok per blok untuk memberikan masukan mesin perkakas CNC tentang apa yang harus dikerjakan pada proses pembubutan CNC.

1. Metode pemrograman

Secara garis besar, metode pemrograman mesin bubut CNC terbagi menjadi dua jenis yaitu metode inkremental dan metode absolut.

a. Metode *Incremental*

Metode *Incremental* adalah metode pemrograman dimana titik referensinya selalu berubah, yaitu titik terakhir yang dituju menjadi titik referensi baru untuk ukuran berikutnya. Untuk lebih jelasnya metode *Incremental* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3 sebagai berikut :

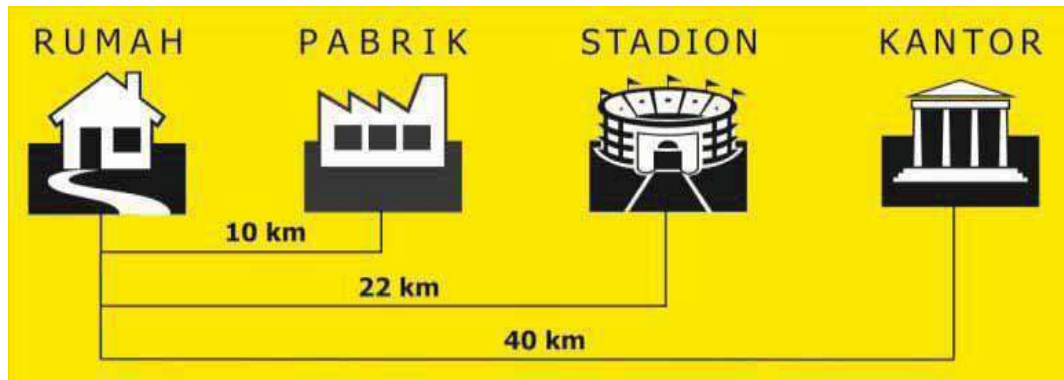


Gambar 2.3 Metode *Incremental*

Sumber : (Widarto, 2008)

b. Metode *Absolute*

Metode *Absolute* adalah metode pemrograman dimana titik referensinya selalu tetap yaitu satu titik atau tempat yang dijadikan referensi untuk semua ukuran. Untuk lebih jelasnya metode *Absolute* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut :



Gambar 2.4 Metode *Absolute*

Sumber : (Widarto, 2008)

2. Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman adalah suatu format blok dari perintah yang menggunakan kode berupa huruf, angka dan simbol. Di dalam mesin perkakas CNC terdapat sebuah perangkat komputer yang dikenal dengan *Machine Control Unit* (MCU). Fungsi dari MCU ini adalah untuk mengubah bahasa kode menjadi pergerakan persumbuan sesuai dengan bentuk benda kerja (Widarto, 2008).

Pada mesin CNC kode yang dapat dibaca adalah kode standar yang telah disetujui oleh industri pembuat mesin CNC. Kode yang paling umum digunakan saat memprogram mesin CNC alatnya adalah Kode G dan Kode M. Kode G terkadang disebut kode siklus karena mengacu pada beberapa tindakan yang terjadi pada sumbu X, Y dan sumbu Z dari alat mesin yang menyebabkan beberapa gerakan dari meja mesin atau kepala. Kode M atau kode lain-lain digunakan untuk menghidupkan atau mematikan berbagai fungsi yang mengendalikan operasi alat mesin tertentu.

Macam-macam bahasa kode G dan kegunaannya yang sering digunakan dapat dilihat dari Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Macam-macam Kode G dan Kegunaannya

Kode G	Kegunaan
G00	Perintah pergerakan cepat atau tanpa pemakanan
G01	Perintah pergerakan pemakanan lurus
G02	Perintah pergerakan pemakanan melingkar searah jarum jam
G03	Perintah pergerakan pemakanan melingkar berlawanan arah jarum jam
G04	Perintah gerakan berhenti sesaat
G40	Membatalkan kompensasi radius
G41	Untuk pembubutan diameter dalam
G42	Untuk pembubutan diameter luar
G54	Berarti titik nol benda kerja diaktifkan
G70	Perintah finishing
G71	Perintah pemakanan berulang secara otomatis
G90	Pemrograman absolut
G91	Pemrograman inkremental
G92	Pembuatan ulir
G96	Mengatur kecepatan potong
G97	Pengaturan kecepatan potong konstan OFF

Sedangkan kode M dan kegunaannya yang digunakan dalam pemrograman mesin CNC dapat dilihat dari Tabel 2.4 di bawah ini :

Tabel 2.4 Macam-macam Kode M dan Kegunaannya

Kode M	Kegunaan
M02	Program berakhir
M03	<i>Spindle ON</i> dengan searah putaran jarum jam
M04	<i>Spindle ON</i> dengan berlawanan arah putaran jarum jam
M05	<i>Spindle OFF</i> (spindel stop)
M08	Menghidupkan pendingin
M09	Mematikan pendingin
M30	Akhir program dan mengembalikan posisi tool terakhir

2.2.5 Parameter Pengoperasian Mesin Bubut CNC

Adapun beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam proses pengoperasian mesin bubut pada umumnya adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan Potong (*Cutting speed*)

Kecepatan potong pada pemesian bubut adalah kemampuan alat potong dalam hal ini adalah pahat bubut dalam menyayat benda kerja dengan aman untuk menghasilkan tatal dalam satuan panjang per satuan waktu (Arifin, 2020). Jadi kecepatan potong adalah suatu harga yang diperlukan dalam menentukan kecepatan saat penyayatan atau pemotongan benda kerja. Harga kecepatan potong ditentukan oleh jenis alat potong dan jenis benda yang akan dipotong.

Faktor yang mempengaruhi kecepatan potong pada umumnya adalah :

a. Bahan benda kerja atau material

Semakin tinggi kekuatan bahan yang akan dipotong, maka harga kecepatan potong akan semakin kecil.

b. Jenis alat potong

Semakin tinggi kekuatan jenis alat potong, maka harga kecepatan potong akan semakin besar.

Adapun rumus untuk menentukan kecepatan potong adalah:

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} (m/menit) \quad (2.1)$$

Dimana :

V_c = Kecepatan potong (m/menit)

d = Diameter benda kerja (mm)

n = putaran spindel (rpm)

$\pi = 3,14$

Kecepatan potong dapat dilihat pada Tabel 2.5 di bawah ini:

Tabel 2.5 Nilai Kecepatan Potong (VC)

Bahan/Material	VC (M/minutes)	
	HSS	Carbide
St60, S45C, AISI 1045, ck45	18-21	70-200

2. Kedalaman Pemotongan (*Depth of cut*)

Kedalaman pemotongan adalah tebal bagian benda kerja yang disayat oleh alat potong dalam satu proses penyayatan atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (Arifin, 2020). Jadi kedalaman pemotongan adalah besarnya kedalaman pemakanan yang diberikan pada saat proses pembubutan.

Adapun rumus kedalaman potong yaitu:

$$\alpha = \frac{d_o}{d_m}(\text{mm}) \quad (2.2)$$

Dimana :

d_o = Diameter awal (mm)

d_m = Diameter akhir (mm)

3. Kecepatan Pemakanan (*Feeding Rate*)

Gerak makan (*feeding*) merupakan jarak yang ditempuh pahat setiap benda kerja yang mengalami putaran dalam satu kali sehingga satuannya adalah mm/rev. Gerak makan dapat ditentukan oleh material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, kekuatan mesin serta tingkat kehalusan permukaan yang diinginkan. Kecepatan makan memiliki pengertian yaitu jarak dari gerakan pahat potong sepanjang jarak kerja untuk setiap putaran dari *spindle* (Purnomo, 2017).

Gerak makan ditentukan berdasarkan pertimbangan beberapa hal yaitu: kesiapan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan, serta lama waktu pengerjaan yang diinginkan (Arifin, 2020).

Adapun rumus kecepatan pemakanan yaitu:

$$V_f = f x n \text{ (mm/menit)} \quad (2.3)$$

Dimana :

V_f = Kecepatan Pemakanan (mm/menit)

f = Gerak makan (mm/rev)

n = Putaran spindel (rpm)

2.3 Kekasaran Permukaan

Dalam proses pemesinan bubut kualitas suatu produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi berdasarkan dua faktor yaitu kekasaran permukaan benda kerja dan ketepatan ukuran-ukuran benda kerja (kepresisian). Berdasarkan dua faktor tersebut maka hasil pembubutan yang baik dapat dikatakan jika mempunyai tingkat kekasaran yang rendah (halus) dan benda kerja yang dihasilkan sesuai dengan ukuran yang diinginkan (kepresisian). Benda kerja yang dikerjakan dengan mesin dan dilakukan pemotongan permukaan akan terjadi ketidakteraturan konfigurasi permukaan berupa guratan atau meninggalkan bekas berupa lembah dan puncak yang disebut dengan kekasaran permukaan.

Kekasaran permukaan merupakan suatu karakteristik permukaan dan ketidakteraturan konfigurasi permukaan berupa guratan yang terlihat pada profil permukaan. Konfigurasi permukaan merupakan suatu karakteristik geometri golongan mikrogeometri, yang termasuk golongan makrogeometri adalah permukaan secara keseluruhan yang membuat bentuk atau rupa yang spesifik, misalnya permukaan lubang, permukaan poros, permukaan sisi dan lain-lain yang tercakup pada elemen geometri ukuran, bentuk dan posisi. Faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran antara lain: mekanisme parameter pemotongan, geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada aliran geram (Sunyapa, 2016). Kekasaran permukaan dapat juga dikatakan jarak penyimpangan rata-rata dari garis rata-rata profil.

Adapun profil –profil pada kekasaran permukaan yang harus diketahui yaitu:

1. Profil Geometris Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal yang dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung.

2. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik dari suatu permukaan. Bentuknya sama dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran.

3. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil terukur adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran.

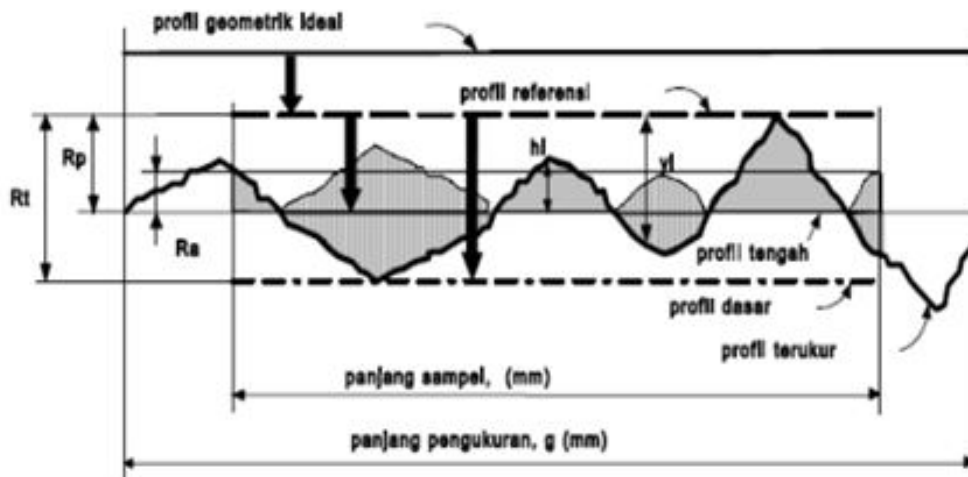
4. Profil Dasar (*Root Profile*)

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

5. Profil Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah adalah profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur.

Proses pemesinan kualitas kekasaran permukaan yang paling umum adalah harga kekasaran rata-rata aritmatik (R_a) yaitu, sebagai standar kualitas permukaan dari hasil pemotongan maksimum yang diizinkan. Dimana posisi R_a dan parameter kekasaran yang lain, bentuk profil, panjang sampel dan panjang pengukuran yang dilakukan oleh mesin-mesin ukur kekasaran. Profil-profil pada permukaan kekasaran dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5 sebagai berikut :

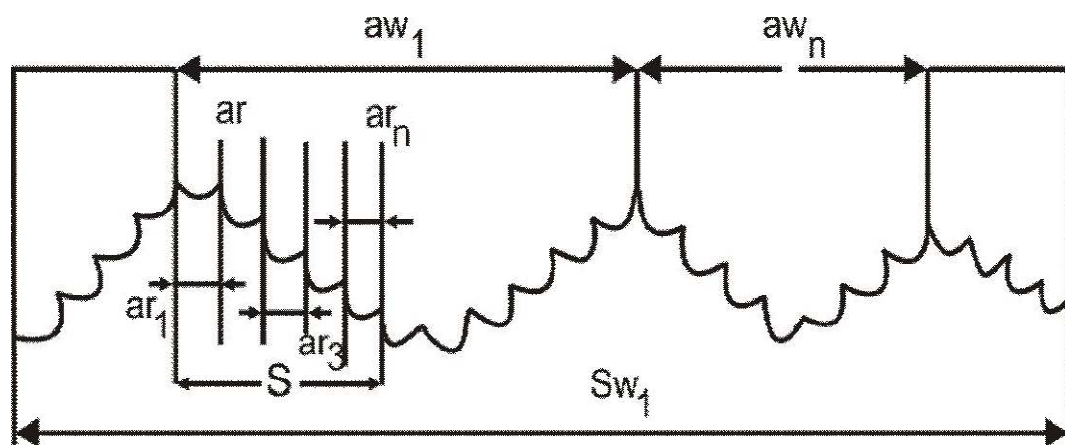


Gambar 2.5 Profil Permukaan Kekasaran (Sumber : (Rochim, 2001))

Berdasarkan Gambar 2.5 dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan arah melintang. Untuk arah tegak dikenal beberapa parameter:

- Kekasaran total R_t (μm) adalah jarak antara profil referensi dengan profil alas.
- Kekasaran perataan R_p (μm) adalah jarak rata-rata profil referensi dengan profil terukur.
- Kekasaran rata-rata aritmatik R_a (μm) adalah harga rata-rata aritmatik dari harga absolut jarak antara profil terukur dengan profil tengah.
- Kekasaran rata-rata kuadratik R_g (μm) adalah akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.
- Kekasaran total rata-rata R_z (μm), merupakan jarak antara profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

Untuk arah mendatar parameternya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6 sebagai berikut :



Gambar 2.6 Lebar Gelombang dan Lebar Kekasaran

(Sumber : (Munadi, 1988))

- Lebar Gelombang (*Waviness Width*), A_w

Lebar gelombang adalah jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak aw_1 yang terletak di antara dua puncak gelombang pada profil terukur yang letaknya berdekatan dengan panjang sampel pengukuran sw .

- Lebar Kekasaran (*Roughness Width*), A_r

Lebar kekasaran adalah jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak ar_1 yang terletak di antara dua puncak kekasaran pada profil terukur yang letaknya berdekatan dengan panjang sampel pengukuran s .

Angka yang ada pada simbol kekasaran permukaan merupakan nilai dari kekasaran permukaan aritmatik disebut *Roughness Average* (Ra). Dimana nilai penyimpangan rata-rata arimatik telah diklasifikasikan oleh ISO menjadi 12 tingkat kekasaran. Tingkat kekasaran ini dilambangkan dari N1 hingga N12 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6 di bawah ini :

Tabel 2.6 Standarisasi Simbol Nilai Kekasaran

Kekasaran Ra (μm)	Tingkat kekasaran	Panjang sempel (mm)
50	N12	8
25	N11	
12.5	N10	2.5
6.3	N9	
3.2	N8	0.8
1.6	N7	
0.8	N6	
0.4	N5	
0.2	N4	0.25
0.1	N3	
0.05	N2	
0.025	N1	0.08

Sumber : (Rochim, 2001)

Dalam proses pemesinan pada pengerjaan akhir untuk menentukan kekasaran permukaan objek yang dikerjakan pada proses pemesinan bubut (*turning*) dimana kekasaran permukaan rata-rata (Ra) yang distandarkan dapat dilihat dari Tabel 2.7 di bawah ini :

Tabel 2.7 Proses Pengerjaan untuk Kekasaran Permukaan

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping,</i> <i>Superfinishing Diamond turning</i>	N1- N4 N1- N6	0,025 - 0,2 0,025 – 0,8
<i>Flat cylindrical grinding</i> <i>Finishing</i>	N1 – N8 N4 – N8	0,025 – 3,2 0,1 – 3,2
<i>Face and finishing roughness turning, milling and reaming</i> <i>Drilling</i>	N5 – N12 N7 – N10	0,4 – 50 1,6 – 12,5
<i>Shapping, Planning, horinzontal milling</i> <i>Sandcasting and forging</i>	N6 - N12 N10 – N11	0,8 – 50,0 12,5 – 25,0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	N6 – N8	0,8 – 3,2

Sumber : (Munadi, 1988)

2.4 Metode Taguchi

2.4.1 Pengertian Metode Taguchi

Metode taguchi merupakan salah satu metode desain eksperimen dalam suatu rancangan percobaan untuk mengatakan nilai-nilai dari parameter dapat dikendalikan dengan tujuan memperbaiki kualitas produk sehingga dapat meminimalkan variasi yang disebabkan parameter gangguan. Untuk mencapai sasaran memperbaiki kualitas produk metode taguchi menjadikan proses dan benda kerja tidak sensitif terhadap parameter gangguan (*noise*) dari berbagai hal yaitu material, tenaga kerja dari manusia, perencanaan manufaktur serta keadaan-keadaan operasional (Soejanto, 2009).

Dalam metode taguchi terdapat beberapa kelebihan dari metode yang lainnya. Adapun kelebihan-kelebihan dari metode taguchi yaitu (Soejanto, 2009) sebagai berikut :

1. Lebih efisien dikarenakan dapat melakukan penelitian yang menyertakan dua parameter atau lebih dan dapat melibatkan banyak level.
2. Mendapatkan proses yang menghasilkan benda kerja secara stabil dan kokoh terhadap parameter gangguan yang tidak dapat terkendali.
3. Menyimpulkan hasil dari respon yang optimal pada penentuan respon parameter dan level dari parameter yang terkendali.

Dari kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh metode taguchi dibandingkan dengan metode lain, metode taguchi juga memiliki beberapa kelemahan yaitu mempunyai rancangan struktur yang sangat kompleks, sehingga dengan hal ini harus lebih hati-hati dalam pemilihan rancangan percobaan dan harus sesuai dengan tujuan penelitian yang diinginkan.

2.4.2 Tahapan Desain Eksperimen Taguchi

2.4.2.1 Tahap Perencanaan Eksperimen

Pada tahapan ini terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut (Soejanto, 2009) yaitu :

1. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan langkah awal yang harus dirumuskan secara spesifik dan harus jelas secara teknis sehingga dapat dituangkan kedalam percobaan yang akan dilakukan.

2. Tujuan Percobaan

Tujuan percobaan yang ditetapkan harus mampu menjawab masalah yang dalam rumusan masalah secara sistematis.

3. Penentuan Respon

Penentuan respon merupakan perubahan nilai yang berkaitan dengan parameter-parameter lain.

4. Pemilihan Parameter Bebas

Pemilihan parameter bebas merupakan parameter dengan perubahan nilai tidak berkaitan parameter lainnya. Pada tahapan ini parameter-parameter akan dipilih untuk diselidiki pengaruh terhadap respon yang berkaitan. Dalam proses percobaan tidak semua parameter yang diselidiki akan mempengaruhi respon. Sehingga percobaan dapat dilakukan secara efisien dan efektif.

5. Pembagian Parameter Kontrol dan Parameter Gangguan

Parameter-parameter yang diteliti terbagi menjadi parameter kontrol dan parameter gangguan, dimana keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab terdapat pengaruh antara kedua parameter tersebut. Parameter yang nilainya dapat dikendalikan disebut dengan parameter kontrol, sedangkan parameter yang nilainya tidak dapat terkendali disebut parameter gangguan.

6. Pemilihan Jumlah Level dan Nilai Parameter

Pemilihan jumlah level artinya mempengaruhi hasil ketelitian dan biaya dalam pelaksanaan percobaan. Sehingga semakin banyak level yang diteliti maka

semakin akurat hasil yang diperoleh dari percobaan, akan tetapi hal ini mempengaruhi kenaikan biaya percobaan.

7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan merupakan sebuah konsep untuk menghitung jumlah minimal percobaan dan digunakan untuk menyelidiki parameter yang diteliti. Derajat kebebasan matriks ortogonal (v_{mo}) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_{mo} = \text{jumlah percobaan} - 1 \quad (2.4)$$

Derajat kebebasan dari parameter dan level (v_{fl}) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_{fl} = \text{jumlah level parameter} - 1 \quad (2.5)$$

8. Pemilihan Matriks Ortogonal

Pemilihan Matriks Ortogonal ditentukan berdasarkan jumlah derajat kebebasan dari jumlah parameter dan jumlah level parameter tersebut. Pemilihan Matriks Ortogonal bertujuan untuk menentukan jumlah percobaan yang akan diteliti dan mengamati parameter percobaan. Matriks ortogonal mempunyai kemampuan untuk mengevaluasi sejumlah parameter terhadap jumlah dari percobaan yang minimal.

Suatu matriks ortogonal dapat dilambangkan dengan:

$$L_a(b^c)$$

Dimana : L = Rancangan bujur sangkar latin

a = banyaknya percobaan

b = banyaknya level parameter

c = banyaknya parameter

Jenis matriks ortogonal yang tersedia secara standar dapat dilihat pada Tabel 2.8. Sebagai contoh matriks ortogonal $L_4 (2^3)$ berarti jumlah percobaan yang dilakukan sebanyak empat kali, jumlah derajat kebebasan dari matriks ortogonal maksimal yaitu tiga, serta matriks tersebut mempunyai jumlah parameter maksimal 3 dengan masing-masing mempunyai 2 level.

Tabel 2.8 Level-level Matrik Ortogonal

Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level Gabungan
$L_4 (2^3)$	$L_9 (3^4)$	$L_{16} (4^5)$	$L_{25} (5^6)$	$L_{18} (2^1 \times 3^7)$
$L_8 (2^7)$	$L_{27} (3^{13})$	$L_{64} (4^{21})$		$L_{32} (2^1 \times 4^9)$
$L_{12} (2^{11})$	$L_{81} (3^{40})$			$L_{36} (2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16} (2^{15})$				$L_{36} (2^3 \times 3^{13})$
$L_{32} (2^{31})$				$L_{54} (2^1 \times 3^{25})$
$L_{64} (2^{63})$				

Sumber : (Soejanto, 2009)

2.4.2.2 Tahap Pelaksanaan Percobaan

Tahap pelaksanaan percobaan mempunyai 2 hal (Soejanto, 2009), terdiri dari penentuan jumlah replikasi dan randomisasi pelaksanaan percobaan.

1. Jumlah replikasi

Replikasi merupakan pengulangan kembali perlakuan pada kondisi percobaan yang sama guna bertujuan untuk memperoleh tingkat ketelitian yang tinggi, mengurangi kesalahan serta mendapatkan harga taksiran dari kesalahan.

2. Randomisasi

Dalam percobaan yang mempengaruhi hasil eksperimen adalah parameter-parameter lain yang tidak diinginkan. Pengaruh parameter-parameter tersebut dapat diperkecil dengan proses randomisasi (pengacakan) dari urutan suatu percobaan. Randomisasi dilakukan guna bertujuan untuk meratakan pengaruh dari parameter-parameter yang tidak dapat terkontrol pada semua percobaan, memberikan kesempatan yang sama pada semua percobaan untuk mendapatkan suatu perlakuan sehingga terdapat kehomogenan pengaruh dari perlakuan parameter yang sama serta bertujuan untuk memperoleh hasil pengamatan yang bebas terhadap satu sama lain. Jika replikasi bertujuan agar memungkinkan dilakukan uji signifikansi, sedangkan randomisasi bertujuan agar memberikan kebenaran terhadap uji signifikansi dengan menghapuskan sifat bias.

2.4.2.3 Tahap Analisis

Pada tahapan ini yaitu pengumpulan dan pengolahan data dilakukan, tahap ini meliputi berbagai hal yaitu pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dengan desain yang dipilih. Selanjutnya data hasil percobaan dilakukan perhitungan dan pengujian data statistik. Berikut ini adalah tahap analisis (Soejanto, 2009) :

1. Analisis Varians Taguchi

Analisis varians merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisis data secara statistik yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen. Analisis ini memanfaatkan teknik menganalisis dengan menguraikan seluruh total parameter yang ingin diteliti. Untuk analisis varian dua arah merupakan data eksperimen yang terdiri dari dua parameter atau lebih dan dua level dari parameter atau lebih.

2. Rasio S/N

Rasio S/N (*rasio Signal-To-Noise*) digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Penggunaan rasio S/N untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Tipe karakteristik rasio S/N terdiri dari :

a. Semakin kecil akan semakin baik (*Smaller is Better*)

Dimana karakteristik kualitas nilai semakin kecil (mendekati nol merupakan nilai yang diinginkan). Artinya nilai minus atau plus yang mendekati nol.

$$\text{rasio S/N} = -10 \log\left(\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n}\right) \quad (2.6)$$

dimana :

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

b. Tertuju pada nilai tertentu (*Nominal is Better*)

Dimana karakteristik kualitas dengan nilai yang bukan nol dan ditentukan (mendekati nilai yang ditentukan).

$$\text{rasio S/N} = -10 \log\left(\frac{(y_i - \bar{y})^2}{n}\right) \quad (2.7)$$

dimana :

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

c. Semakin besar, semakin baik (*Large is Better*)

Dimana karakteristik kualitas nilai tak terbatas, (semakin besar merupakan semakin diinginkan).

$$\text{rasio S/N} = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right) \quad (2.8)$$

dimana :

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

3. Analisis Variansi dan Uji Hipotesis F

Analisis variansi digunakan untuk mengetahui dan mencari besarnya suatu proses parameter kendali pengaruh secara signifikan terhadap suatu respon. Pengujian bahwa adanya pengaruh faktor atau parameter bebas terhadap percobaan dibuktikan dengan uji hipotesis F. Hipotesis adalah dugaan sementara pada suatu proses yang masih lemah kebenarannya dari parameter dalam populasi, yang digunakan untuk mendapatkan suatu keputusan, yaitu menolak atau menerima hipotesis.

Pada penelitian ini taraf signifikansi α yang digunakan sebesar 5% atau 0,05. Uji hipotesis F dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi error.

- Hipotesis pengujian yaitu:

H0 : tidak terdapat pengaruh perlakuan

H1 : ada pengaruh perlakuan

- Kriteria Pengujian :

- Jika nilai uji F Test (hitung) < nilai F tabel ($\alpha = 5\%$), maka hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh perlakuan terhadap kekasaran permukaan dengan kata lain H_0 diterima dan H_1 ditolak.
- Jika uji F Test (hitung) > nilai F tabel ($\alpha = 5\%$), maka hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan terhadap kekasaran permukaan dengan kata lain H_0 ditolak dan H_1 diterima.

4. Persen kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing parameter dan interaksi, terlebih dahulu menghitung SS'_{faktor} :

$$SS'_{\text{faktor}} = SS_{\text{faktor}} - MS_{\text{error}} (Vv) \quad (2.9)$$

Persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus:

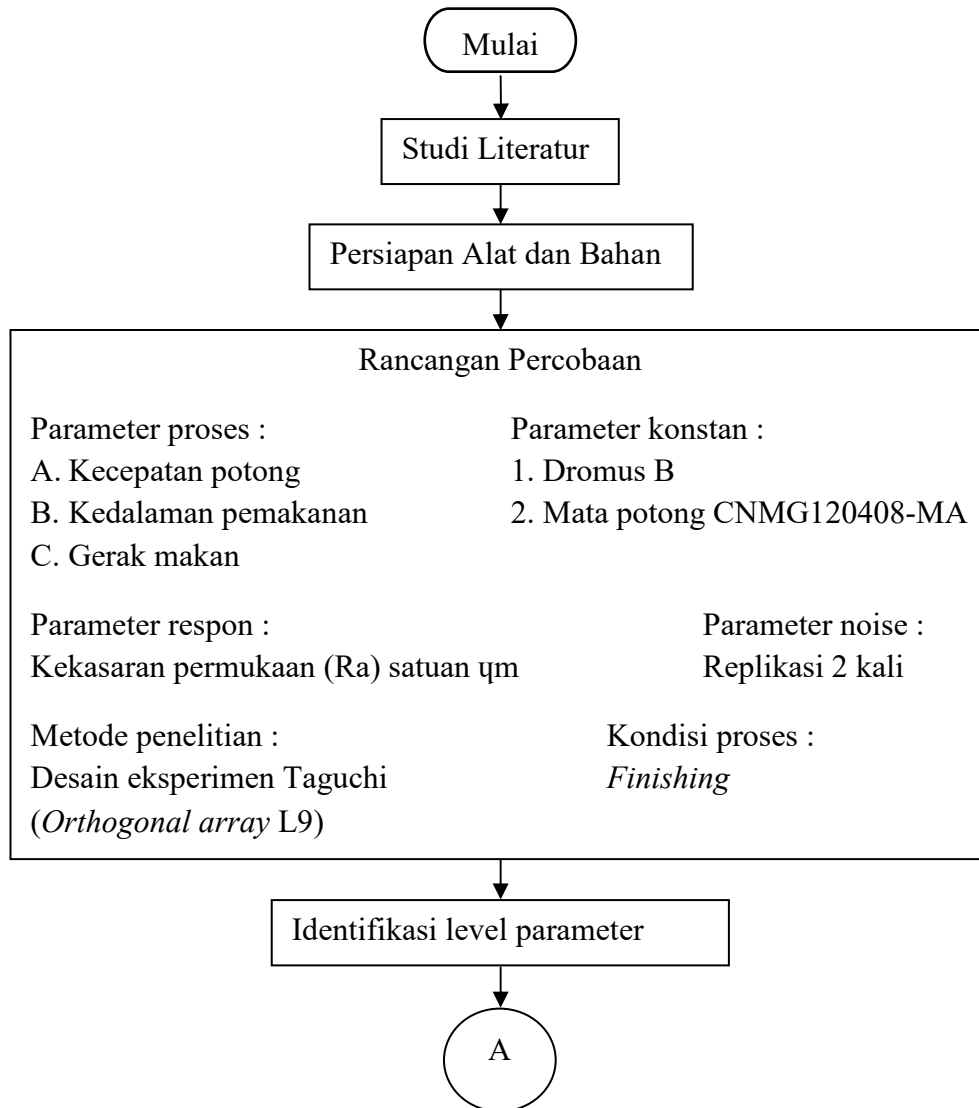
$$\mu = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100\% \quad (2.10)$$

BAB III

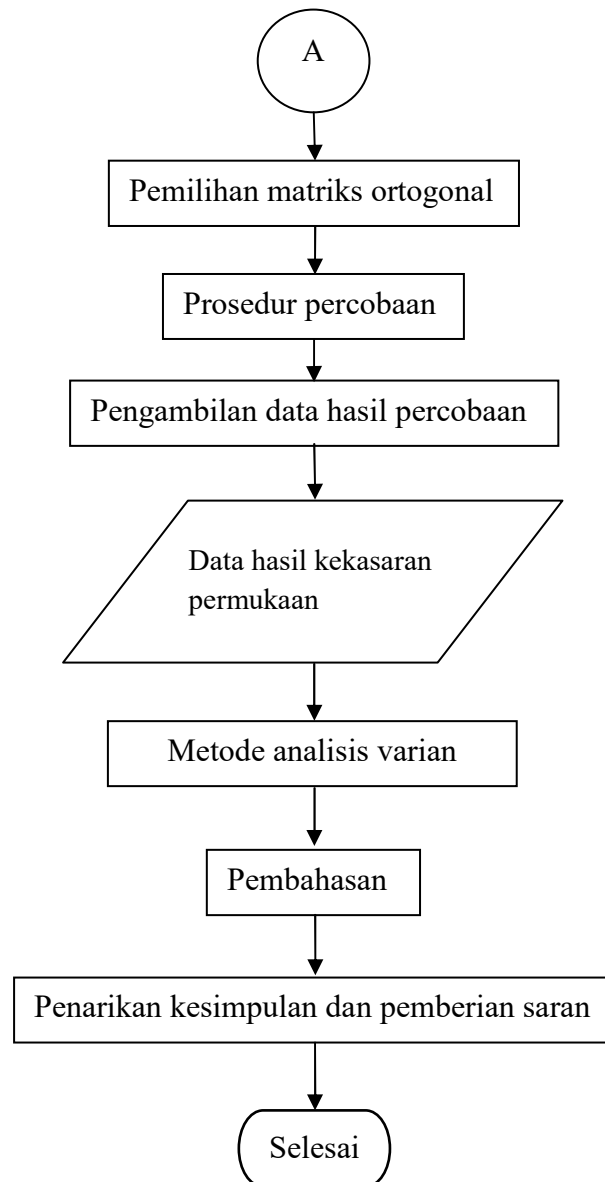
METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini menggunakan desain eksperimen taguchi. Langkah awal untuk memulai penelitian yaitu studi literatur yang didapat dari beberapa sumber seperti e-book, internet, artikel dan jurnal ilmiah yang terkait guna untuk memperkuat argumen tentang penelitian yang di ajukan. Tahapan penelitian yang dilakukan dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1 diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanik dan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Waktu merupakan jadwal yang telah ditetapkan untuk pelaksanaan Tugas Akhir.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Mesin bubut CNC

Mesin bubut CNC yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merk : Mitsubishi
- Type : MORI SEIKI SL-25
- Pembuatan : di buat di Jepang dengan tahun pembuatan 2011



Gambar 3.2 Mesin Bubut CNC MORI SEIKI SL-25

b. Mata potong

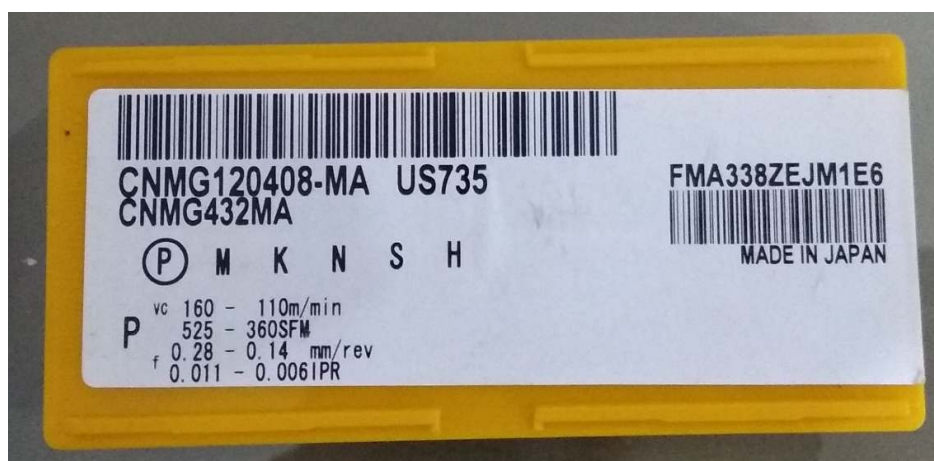
Mata potong yang digunakan pada penelitian ini adalah insert carbide merek CNMG. Mata potong atau pahat carbide mempunyai sifat-sifat kekerasan yang tinggi pada berbagai tingkatan suhu, konduktivitas termal yang tinggi serta modulus yang tinggi juga dan ketahanan aus yang baik, sehingga alat potong yang terbuat dari carbide merupakan alat potong yang efektif dan efisien. Insert mata potong pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.3 Mata Potong *Insert Carbide*

Spesifikasi pada mata potong yang digunakan pada penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 3.4 sebagai berikut :

- Merk : Mitsubishi
- Pahat : *Insert Carbide*
- Type : CNMG120408-MA
- VC : 110-160 m/min
- f : 0.14-0.28 mm/rev
- Pembuatan : di buat di Jepang



Gambar 3.4 Spesifikasi Mata Potong *Insert Carbide*

c. Alat uji kekasaran permukaan benda kerja

Alat uji kekasaran atau *surface roughness tester* digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan dari suatu proses pemesinan. Alat uji kekasaran yang digunakan adalah *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 ditunjukkan pada Gambar 3.5 sebagai berikut :



Gambar 3.5 *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210

Spesifikasi *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1 *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210

Drive unit	
Speed	Measuring : 0,25 mm/s, 0,5 mm/s (0,1"/s, 0,2"/s) Returning : 0,8 mm/s (0,3"/s)
Measuring range (x-axis)	12,5 mm
Mass	190 g
Standar pole	Code No. 178-395
Measuring range	350 μm (-200 μm to + 150 μm)
Stylus	Diamond cone
Skid radius	40 mm
Roughness parameters	Ra, Ry, Rz, Rq, S, Sm, Pc, R3z, Mr, Rt, Rk, Rpk, Mrl, Mr2, A1, A2, vo (use-difined)
Roughness standart	JIS, DIN, ISO, ANSI

d. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang benda kerja pada saat pemotongan benda kerja. Pada penelitian ini digunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm ditunjukkan pada Gambar 3.6 sebagai berikut :

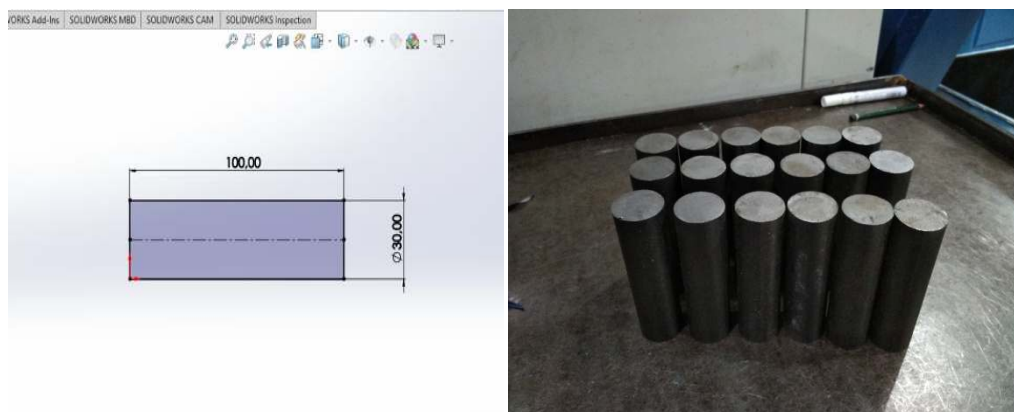


Gambar 3.6 Jangka Sorong Ketelitian 0,05 mm

3.3.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja AISI 1045. Pemilihan baja AISI 1045 karena baja ini banyak digunakan sebagai bahan dalam pembuatan komponen-komponen permesinan. Spesimen baja AISI 1045 yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan ukuran panjang 100 mm dengan diameter 30 mm dapat ditunjukkan pada Gambar 3.7.

Media pendingin dalam penelitian adalah dromus B, dromus yang digunakan adalah dromus *water miscible metal* untuk mendingin benda kerja pada saat proses pengerjaan benda taguchi.



Gambar 3.7 Ukuran dan Bentuk Material

3.4 Parameter Penelitian

3.4.1 Parameter Terikat (*Dependent Parameter*)

Parameter terikat adalah parameter yang dipengaruhi oleh parameter bebas selama percobaan. Adapun parameter terikat dalam penelitian ini adalah tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan CNC, dinyatakan dalam *Roughness Average* (Ra) adalah kekasaran permukaan dengan satuan μm (mikron meter).

3.4.2 Parameter Bebas (*Independent Parameter*)

Parameter bebas adalah parameter yang mempengaruhi perubahan pada parameter terikat. Adapun parameter bebas dalam penelitian ini adalah variasi kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.2 Daftar Parameter Bebas dan Level

Kode	Parameter Bebas	Level		
		1	2	3
A	Kecepatan Potong (m/menit)	120	135	150
B	Kedalaman Pemakanan (mm)	0,40	0,70	1
C	Gerak Makan (mm/put)	0,15	0,25	0,35

3.4.3 Parameter Kontrol

Parameter kontrol adalah parameter yang dikendalikan. Adapun parameter kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah mata potong insert carbide dan dromus B dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini :

Tabel 3.3 Daftar Parameter Kontrol dan Level

No	Parameter kontrol	Nilai
1	Mata Potong	CNMG120408-MA
2	Dromus B	

3.4.4 *Noise*

Noise merupakan parameter gangguan yang memiliki pengaruh terhadap respon, tetapi sangat sulit untuk dikendalikan. Parameter-parameter yang mungkin menjadi *noise* dalam penelitian ini adalah lokasi pengukuran kekasaran permukaan benda uji. Faktor ini dipilih karena sukar mengontrol lokasi kekasaran permukaan yang diukur sebab berbeda dan terpisah. Sehingga untuk mengatasi pengaruh *noise* pada hasil penelitian dilakukan pengambilan data dengan dua kali replikasi/dua kali pengulangan.

3.5 Pemilihan Matriks Ortogonal

Pemilihan matriks ortogonal yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan jumlah nilai level dari masing-masing level. Penentuan dari banyaknya faktor dan level-level dari faktor akan mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang digunakan untuk menentukan jenis matriks ortogonal yang dipilih.

Berdasarkan banyaknya parameter bebas dan jumlah level yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.3. Sehingga dapat dilakukan perhitungan derajat kebebasan untuk menentukan matriks ortogonal yang digunakan. Hasil perhitungan derajat kebebasan dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini :

No	Parameter bebas	Jumlah level (k)	vn (k-1)
1	Kecepatan Potong (m/menit)	3	2
2	Kedalaman Pemakanan (mm)	3	2
3	Gerak Makan (mm/put)	3	2
Total Derajat Kebebasan			6

Berdasarkan hasil perhitungan total derajat kebebasan pada penelitian ini pada Tabel 3.4 didapatkan 6 derajat kebebasan, sehingga derajat kebebasan untuk matriks ortogonal yang paling sesuai adalah $L_9 (3^4)$. Matriks ortogonal $L_9 (3^4) = 4 \times (3-1) = 8$ derajat kebebasan. Maka pemilihan matriks ortogonal yang digunakan

harus mempunyai derajat kebebasan yang sama atau derajat kebebasan yang lebih besar dengan total derajat kebebasan dalam eksperimen ini (6 derajat kebebasan). Sehingga derajat kebebasan untuk matriks ortogonal yang paling sesuai adalah $L_9(3^4)$. Matriks ortogonal $L_9(3^4) = 4 \times (3-1) = 8$ derajat kebebasan.

Pada perhitungan total derajat kebebasan dalam eksperimen = 6 derajat kebebasan, oleh karena matriks ortogonal $L_9(3^4)$ yang mempunyai 8 derajat kebebasan telah mencukupi. Matrik ortogonal $L_9(3^4)$ yaitu jenis L9 memiliki 4 kolom atau faktor dan 9 baris yang mampu digunakan untuk empat buah faktor parameter bebas dengan tiap-tiap parameter memiliki 3 level. Rancangan eksperimen untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.5 di bawah ini :

Tabel 3.5 Rancangan Eksperimen Berdasarkan Matriks Ortogonal L_9

No	Parameter Permesinan		
	Kecepatan Potong	Kedalaman Pemakanan	Gerak Makan
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Eksperimen dilakukan secara acak dengan kombinasi parameter proses mengacu pada rancangan percobaan yang sesuai dengan matrik ortogonal. Ini dilakukan dengan menggunakan fasilitas randomisasi bilangan melalui bantuan *Software* analisis.

3.6 Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan memiliki beberapa tahapan yang dimulai dari persiapan benda kerja dan seluruh peralatan yang digunakan dalam penelitian, pembubutan terhadap spesimen sampai pengujian spesimen. Adapun prosedur penelitian sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan dalam penelitian
 - Menyiapkan benda kerja, meliputi penyesesuain dimensi dengan menggunakan jangka sorong dengan bahan benda kerja baja AISI 1045 ditunjukkan pada Gambar 3.8 sebagai berikut:



Gambar 3.8 Baja AISI 1045

- Menyiapkan peralatan pendukung lainnya yang diperlukan dalam penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 sebagai berikut:



Gambar 3.9 a. *Handle Chuck*



Gambar 3.9 b. Spidol



Gambar 3.9 c. Obeng



Gambar 3.9 d. Oli

Kegunaan alat pendukung lainnya dalam penelitian ini dapat dijelaskan pada Tabel 3.6 di bawah ini :

Tabel 3.6 Alat Pendukung dalam Penelitian dan Kegunaannya

Gambar	Alat Pendukung	Kegunaan
3.9 a.	Handel Chuck	Sebagai batas pengukur saat pencekaman benda kerja
3.9 b.	Spidol	Untuk memberi nomor pada percobaan yang telah dilakukan
3.9 c.	Obeng	Untuk memasangkan dan melepaskan mata potong
3.9 d.	Oli	Untuk melumasi benda kerja agar menghindari dari korosi.

2. Proses pemesinan bubut CNC

- Membuat pemograman CNC benda kerja sesuai dengan setting parameter yang telah ditentukan dengan kombinasi Orthogonal $L_9(3^3)$.
- Pemasangan benda kerja pada pencekaman dengan posisi yang tepat ditunjukkan seperti Gambar 3.10 sebagai berikut :



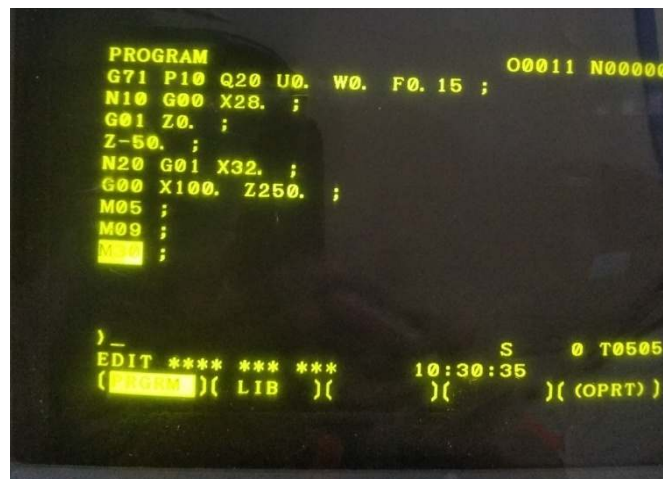
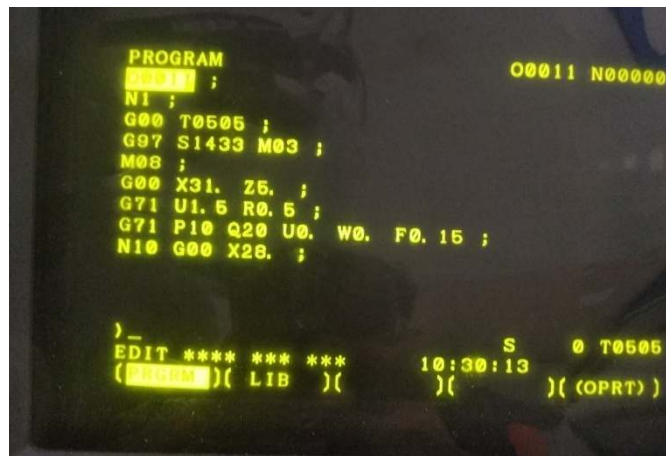
Gambar 3.10 Pemasangan Benda Kerja

- Pemasangan insert pada holder mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25, menggunakan *insert carbide* CNMG120408-MA ditunjukkan pada Gambar 3.11 sebagai berikut :



Gambar 3.11 Pemasangan *Insert Carbide* CNMG120408-MA

- Menyalakan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25 dan *setting* parameter-parameter proses kemudian masukan nilai parameter pada program untuk penyayatan benda kerja sepanjang 50 mm sesuai dengan kombinasi parameter yang telah ditentukan. Seperti contoh dapat ditunjukkan pada Gambar 3.12 sebagai berikut :



Gambar 3.12 *Setting* Parameter Sesuai dengan Kombinasi

- Proses pembubutan benda kerja sesuai dengan nilai parameter proses pada program untuk penyayatan benda kerja sepanjang 50 mm sesuai dengan kombinasi dari masing-masing percobaan.
- Melepaskan benda kerja dari alat pengecam dan mengeringkan benda kerja setelah proses pemotongan selesai, lalu oleskan oli pada benda kerja untuk menghindari karatan.
- Matikan dan bersihkan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25, serta bersihkan peralatan yang digunakan dalam penelitian.
- Selanjutnya mengukur kekasaran permukaan benda kerja dengan menggunakan alat ukur kekasaran yaitu *surface roughness tester*. Benda kerja hasil proses pemesinan bubut CNC ditunjukkan pada Gambar 3.13 sebagai berikut :



Gambar 3.13 Benda Kerja setelah Proses Pemesinan Bubut CNC

3. Proses pengukuran kekasaran benda kerja

Data kekasaran permukaan benda kerja diperoleh dari pengukuran pada permukaan benda kerja secara langsung. Adapun langkah-langkah dari pengukuran kekasaran permukaan adalah sebagai berikut:

- Lakukan pengukuran kekasaran permukaan di meja rata.
- Menyiapkan peralatan pendukung lainnya yang digunakan dalam proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja ditunjukkan pada Gambar 3.14 sebagai berikut :



Gambar 3.14 a. *V-Block*



Gambar 3.14 b. *Holder Dial*

Kegunaan alat pendukung lainnya dalam proses pengukuran kekasaran permukaan dalam penelitian ini dapat dijelaskan pada Tabel 3.7 di bawah ini :

Tabel 3.7 Alat Pendukung dalam Pengukuran Kekasaran dan Kegunaanya

Gambar	Nama alat	Kegunaan
3.14 a.	<i>V-Block</i>	Sebagai tempat dudukan benda kerja saat proses pengukuran
3.14 b.	<i>Holder dial</i>	Sebagai tempat dudukan untuk meletakkan alat ukur kekasaran

- Sebelum melakukan pengukuran kekasaran, lakukan kalibrasi alat ukur terlebih dahulu agar hasil pengukuran kekasaran permukaan yang dilakukan dapat semaksimal mungkin, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15 sebagai berikut :



Gambar 3.15 Kalibrasi Alat Ukur Kekasaran

- Letakkan benda kerja hasil proses pemesinan bubut CNC MORI SEIKI SL-25 pada *V-Block* dan letakkan alat ukur kekasaran *Surface roughness tester* pada *Holder dial*, kemudian atur ketinggian alat ukur dengan benda kerja dapat ditunjukkan pada Gambar 3.16 sebagai berikut :



Gambar 3.16 *Setting* Ketinggian Benda Kerja dan Alat Ukur Kekasaran

- Setting dengan hati-hati ujung sensor dari *Surface roughness tester* pada permukaan benda kerja hasil proses CNC MORI SEIKI SL-25.
- Aktifkan *Surface roughness tester* untuk melakukan proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja.
- Nilai kekasaran permukaan dapat dilihat pada layar *Display Surface roughness tester*. Lalu catat hasil pengukuran kekasaran permukaan pada tabel yang telah disediakan.
- Kemudian lakukan pengukuran kekasaran permukaan pada spesimen benda kerja yang lain.
- Skema proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja dapat ditunjukkan pada Gambar 3.17 sebagai berikut :

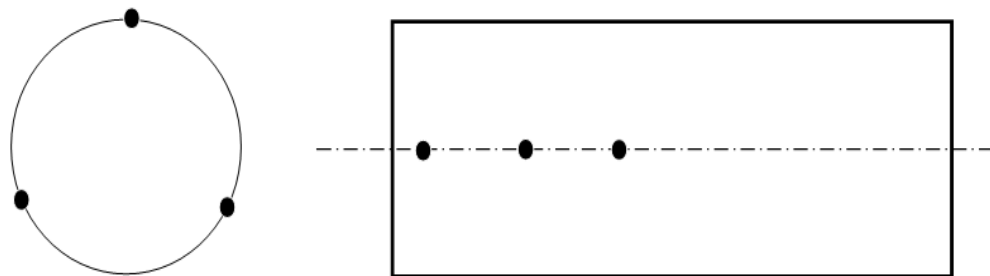


Gambar 3.17 Skema Proses Pengukuran Kekasaran Permukaan Benda Kerja

3.7 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Nilai kekasaran permukaan benda kerja diukur dengan menggunakan *Surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 yang telah dilakukan proses pemesinan bubut CNC MORI SEIKI SL-25 pada tiap variasi parameter kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan yang telah ditetapkan sesuai dengan kombinasi Orthogonal.

Pengambilan data nilai kekasaran permukaan benda kerja dilakukan secara horizontal dengan pengambilan data sebanyak 9 kali pada benda kerja. Melakukan pengukuran nilai kekasaran permukaan menggunakan *Surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 dengan panjang proses pengukuran 10 mm dan lebar pengukuran 0,8 mm. Berikut merupakan titik pengambilan data nilai kekasaran permukaan benda kerja yang ditunjukkan pada Gambar 3.18 sebagai berikut :



Gambar 3.18 Titik Pengambilan Data Kekasaran Permukaan Benda Kerja

3.8 Data Hasil Percobaan

Dalam penelitian ini data hasil percobaan pengukuran kekasaran permukaan benda kerja pada proses pemesinan bubut CNC MORI SEIKI SL-25 yang akan diambil dapat dilihat pada Tabel 3.8 sebagai berikut :

Tabel 3.8 Data Hasil Percobaan Pengukuran Kekasaran

No	Parameter Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan		
	Kecepatan Potong (m/menit)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Gerak Makan (mm/put)	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata
1	120	0,40	0,15	X1.1	X1.2	X1
2	120	0,70	0,25	X2.1	X2.2	X2
3	120	1	0,35	X3.1	X3.2	X3
4	135	0,40	0,25	X4.1	X4.2	X4
5	135	0,70	0,35	X5.1	X5.2	X5
6	135	1	0,15	X6.1	X6.2	X6
7	150	0,40	0,35	X7.1	X7.2	X7
8	150	0,70	0,15	X8.1	X8.2	X8
9	150	1	0,25	X9.1	X9.2	X9

3.9 Metode Analisis

Dalam penelitian ini metode analisis yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Varian Taguchi

Analisis varian adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistik. Analisis ini merupakan teknik dengan menguraikan seluruh total parameter yang diteliti. Untuk analisis varian dua arah adalah data eksperimen yang terdiri dari dua parameter atau lebih dan dua level atau lebih.

2. Analisis of Varian (ANOVA) Dua Arah:

Analisis varian merupakan teknik menganalisis dengan menguraikan seluruh (total) varian atas bagian-bagian yang diteliti. Untuk analisis varian dua arah digunakan untuk data eksperimen yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih.

3. Menghitung rasio S/N parameter respon

Rasio S/N (*Signal to Noise*) digunakan untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Karakteristik kualitas dari respon Rasio S/N yang digunakan adalah semakin kecil semakin baik atau *Smaller is Better* untuk respon kekasaran permukaan. Rasio S/N untuk karakteristik model ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{rasio S/N} = -10 \log\left(\sum_{i=1}^n \frac{y^2}{n}\right)$$

dimana: n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

4. Menentukan parameter respon yang optimal

Penentuan kondisi parameter respon yang optimal dengan cara membuat tabel parameter respon untuk memudahkan pemilihan level dari parameter bebas yang menghasilkan respon optimal terhadap nilai kekasaran permukaan.

5. Analisis variansi dan uji hipotesis F

Analisis variansi digunakan untuk mengetahui dan mencari besarnya suatu proses parameter kendali pengaruh secara signifikan terhadap suatu respon. Pengujian bahwa adanya pengaruh faktor atau parameter bebas terhadap eksperimen dibuktikan dengan uji hipotesis F, yang digunakan untuk menghasilkan suatu keputusan, yaitu menolak atau menerima hipotesis. Pada penelitian ini taraf signifikansi α yang digunakan sebesar 5% atau 0.05

6. Persen kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing masing faktor dan interaksi, terlebih dahulu dihitung SS'_{faktor} :

$$SS'_{\text{faktor}} = SS_{\text{faktor}} - MS_{\text{error}} (Vv)$$

Persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100\%$$

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan parameter-parameter proses yang terdapat pada mesin CNC MORI SEIKI SL-25. Adapun parameter-parameter proses yang diduga berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan adalah kecepatan potong (A) dengan level nilai 120 m/menit, 135 m/menit dan 150 m/menit, kedalaman pemakanan (B) dengan level nilai 0,40 mm, 0,70 mm dan 1 mm dan gerak makan (C) dengan level nilai 0,15 mm/put, 0,25 mm/put dan 0,35 mm/put. Pengolahan data yang dilakukan dengan cara perhitungan eksperimen metode taguchi dengan menggunakan *Software Analysis*. Berikut data hasil percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Data Awal Hasil Pengukuran Kekasaran

No.	Bidang	A	B	C	Rata-rata			Jumlah rata-rata
					1	2	3	
1.1	1	2,202	2,686	2,472	2,453			2,124
	2	1,760	1,898	1,884	1,847			
	3	1,840	2,091	2,288	2,073			
1.2	1	2,350	2,473	2,627	2,471			2,282
	2	2,161	2,197	2,145	2,167			
	3	2,130	2,244	2,250	2,208			
Rata-rata kekasaran eksperimen 1								2,203
2.1	1	2,527	2,602	2,458	2,529			2,476
	2	2,776	2,500	2,644	2,640			
	3	2,239	2,234	2,312	2,261			
2.2	1	2,356	2,451	2,473	2,426			2,397
	2	2,429	2,384	2,296	2,369			
	3	2,394	2,428	2,371	2,397			
Rata-rata kekasaran eksperimen 2								2,437

Tabel 4.1 Data Awal Hasil Pengukuran Kekasaran (Lanjutan)

3.1	1	2,325	2,472	2,886	2,561	
	2	2,230	2,425	2,455	2,370	2,404
	3	2,172	2,353	2,315	2,280	
3.2	1	2,781	2,694	2,884	2,786	
	2	2,541	2,428	2,502	2,490	2,585
	3	2,642	2,386	2,412	2,480	
Rata-rata kekasaran eksperimen 3						2,495
4.1	1	1,263	1,113	2,059	1,478	
	2	1,371	1,417	1,452	1,413	1,307
	3	1,006	1,231	0,860	1,032	
4.2	1	1,949	1,544	2,039	1,844	
	2	1,446	1,584	1,734	1,588	1,526
	3	0,913	1,320	1,208	1,147	
Rata-rata kekasaran eksperimen 4						1,417
5.1	1	2,144	2,389	2,465	2,332	
	2	2,233	2,445	2,123	2,267	2,271
	3	2,203	2,407	2,038	2,216	
5.2	1	1,744	2,425	2,125	2,098	
	2	1,966	1,951	2,094	2,003	2,036
	3	2,148	2,119	1,755	2,007	
Rata-rata kekasaran eksperimen 5						2,154
6.1	1	2,207	1,993	2,448	2,216	
	2	2,144	1,883	2,267	2,098	2,112
	3	2,308	1,971	1,787	2,022	
6.2	1	2,196	2,013	2,346	2,185	
	2	2,212	1,984	2,141	2,112	2,172
	3	2,402	2,227	2,035	2,221	
Rata-rata kekasaran eksperimen 6						2,142
	1	0,973	0,722	0,965	0,886	
	2	0,805	0,879	1,015	0,899	0,885

Tabel 4.1 Data Awal Hasil Pengukuran Kekasaran (Lanjutan)

	3	0,884	0,740	0,986	0,870	
7.2	1	1,012	0,989	0,972	0,991	
	2	1,126	0,974	0,905	1,001	1,005
	3	0,961	1,114	0,997	1,024	
	Rata-rata kekasaran eksperimen 7					0,945
8.1	1	1,248	1,292	1,384	1,308	
	2	1,335	1,320	1,278	1,311	1,195
	3	0,885	1,067	0,948	0,966	
8.2	1	1,283	1,250	1,386	1,306	
	2	1,054	1,116	1,081	1,083	1,207
	3	1,267	1,207	1,225	1,233	
	Rata-rata kekasaran eksperimen 8					1,201
9.1	1	1,926	2,054	1,965	1,981	
	2	2,202	2,064	2,142	2,136	2,087
	3	2,228	2,094	2,113	2,145	
9.2	1	2,153	2,023	2,119	2,098	
	2	2,366	2,150	2,064	2,193	2,165
	3	2,206	2,143	2,271	2,206	
	Rata-rata kekasaran eksperimen 9					2,126

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2 Analisis Varian Taguchi

4.2.1 Perhitungan *Mean* Terhadap Respon

Perhitungan Respon dari mean pada parameter pemesinan yang digunakan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{A}_{eks} = \frac{\sum_{i=1}^2 Y_i}{2}$$

Dari persamaan di atas didapatkan nilai rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Kekasaran

No	Parameter Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan		
	A	B	C	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata
1	1	1	1	2,124	2,282	2,203
2	1	2	2	2,476	2,397	2,437
3	1	3	3	2,404	2,585	2,495
4	2	1	2	1,307	1,526	1,417
5	2	2	3	2,271	2,036	2,154
6	2	3	1	2,112	2,172	2,142
7	3	1	3	0,885	1,005	0,945
8	3	2	1	1,195	1,207	1,201
9	3	3	2	2,087	2,165	2,126
Rata-rata						1,902

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.2 hasil perhitungan didapatkan nilai kekasaran permukaan rata-rata yaitu 1,902 dimana menunjukkan bahwa benar dengan tingkat kekasaran N5 – N12 pada proses pengerjaan *finishing roughness turning* yang ditunjukkan pada Tabel 2.8 Bab 2.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Kekasaran dengan *Software* Analisis

	C1	C2	C3	C4	C5
	Kecepatan Potong	Kedalaman Pemakanan	Gerak Makan	Replikasi 1	Replikasi 2
1	120	0,4	0,15	2,124	2,282
2	120	0,7	0,25	2,476	2,397
3	120	1,0	0,35	2,404	2,585
4	135	0,4	0,25	1,307	1,526
5	135	0,7	0,35	2,271	2,036
6	135	1,0	0,15	2,112	2,172
7	150	0,4	0,35	0,885	1,005
8	150	0,7	0,15	1,195	1,207
9	150	1,0	0,25	2,087	2,165
10					

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dicari nilai efek dari mean pada tiap parameter dan berikut diperoleh hasil perhitungan efek dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Respon Parameter terhadap *Mean*

**Taguchi Analysis: Replikasi 1; Replikasi 2 versus Kecepatan Po;
Kedalaman Pe; .**

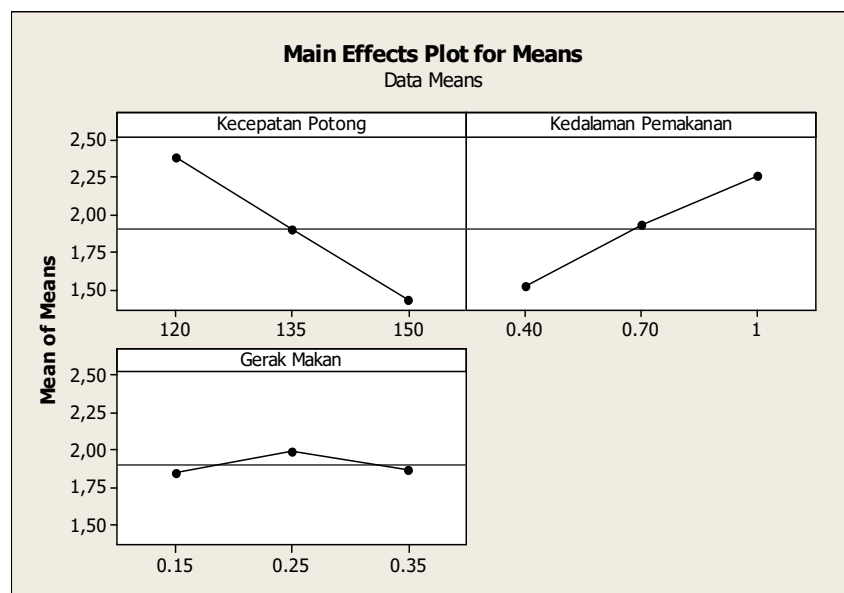
Smaller is better
Response Table for Means

Level	Kecepatan Potong	Kedalaman Pemakanan	Gerak Makan
1	2,378	1,522	1,849
2	1,904	1,930	1,993
3	1,424	2,254	1,864
Delta	0,954	0,733	0,144
Rank	1	2	3

Sumber : Hasil Perhitungan *Software* Analisis

Dari Tabel 4.4 rata-rata respon tiap parameter pada setiap level dapat ditentukan rank atau peringkat parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Urutan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan selisih nilai yaitu 0,954, kedalaman pemakanan dengan nilai yaitu 0,733 dan terakhir yang memiliki pengaruh paling kecil adalah gerak makan dengan selisih nilai yaitu 0,144.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dibuat grafik untuk memperlihatkan kekasaran permukaan yang terkecil pada masing-masing level untuk setiap parameter terhadap nilai rata-rata yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Kekasaran Rata-rata untuk Masing-masing Level Parameter

4.2.2 Perhitungan Langsung Rata-rata Terhadap Respon

Perhitungan kombinasi level dari parameter untuk respon kekasaran permukaan dapat dilakukan dengan perhitungan langsung dari hasil pengujian kekasaran. Perhitungan dilakukan dengan menghitung hasil nilai rata-rata kekasaran melalui kombinasi level dari masing-masing faktor dapat dilihat di bawah ini :

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

$$A1 = 1/3 (2,203 + 2,437 + 2,495) = 2,378$$

$$A2 = 1/3 (1,417 + 2,154 + 2,142) = 1,904$$

$$A3 = 1/3 (0,945 + 1,201 + 2,126) = 1,424$$

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

$$B1 = 1/3 (2,203 + 1,417 + 0,945) = 1,531$$

$$B2 = 1/3 (2,437 + 2,154 + 1,201) = 1,931$$

$$B3 = 1/3 (2,495 + 2,142 + 2,126) = 2,254$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor C (gerak makan) :

$$C1 = 1/3 (2,203 + 2,142 + 1,201) = 1,849$$

$$C2 = 1/3 (2,437 + 1,417 + 2,126) = 1,993$$

$$C3 = 1/3 (2,495 + 2,154 + 0,945) = 1,865$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari pengaruh faktor terhadap respon kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini :

Tabel 4.5 Respon Rata-rata Parameter terhadap Hasil Kekasaran Permukaan

Respon rata-rata dari pengaruh parameter			
Level	A	B	C
Level 1	2,378	1,531	1,849
Level 2	1,904	1,931	1,993
Level 3	1,424	2,254	1,865
Selisih	0,954	0,723	0,144
Peringkat	1	2	3

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.5 hasil respon rata-rata kekasaran permukaan pada masing-masing level dari parameter proses, maka dapat ditentukan untuk prediksi kombinasi parameter-parameter proses yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan nilai selisih yaitu 0,954, kedua kedalaman pemakanan dengan nilai selisih yaitu : 0,723 dan memiliki pengaruh paling kecil adalah gerak makan dengan selisih nilai yaitu 0,144.

4.2.3 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon

Perhitungan rasio S/N merupakan rancangan yang digunakan untuk memilih faktor yang berkontribusi terhadap pengurangan respon kekasaran permukaan yang mentransformasikan data ke dalam suatu nilai ukuran variasi yang timbul. Nilai rasio S/N tergantung pada jenis karakteristik kualitas dari masing-masing respon. Perhitungan rasio S/N pada penelitian ini digunakan untuk respon kekasaran permukaan dengan karakteristik kualitas semakin kecil, semakin baik (*Small is Better*) pada rumus (2.6) adalah:

$$\text{rasio S/N} = - 10 \log\left(\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n}\right) \quad (2.6)$$

dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

Karakteristik kualitas yang menjadi tujuan perbaikan kualitas adalah memaksimalkan parameter untuk nilai kekasaran permukaan benda kerja. Kualitas ukuran kekasaran benda kerja yang diharapkan dalam penelitian ini adalah kekasaran yang paling kecil. Kekasaran memiliki karakteristik kualitas semakin kecil kekasaran permukaan maka akan semakin baik.

Dalam penelitian ini nilai yang diharapkan adalah kekasaran permukaan benda kerja yang terkecil. Dengan replikasi sebanyak 2 kali, maka perhitungan rasio S/N dapat dilihat di bawah ini :

Pada eksperimen ke 1:

$$S/N = - 10 \log\left(\frac{1}{2} (2,124^2 + 2,282^2)\right) = - 6,9000$$

Pada eksperimen ke 2:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (2,476^2 + 2,397^2) \right) = -7,7364$$

Pada eksperimen ke 3:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (2,404^2 + 2,585^2) \right) = -7,9453$$

Pada eksperimen ke 4:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (1,307^2 + 1,526^2) \right) = -3,0502$$

Pada eksperimen ke 5:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (2,271^2 + 2,036^2) \right) = -6,6758$$

Pada eksperimen ke 6:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (2,112^2 + 2,172^2) \right) = -6,6172$$

Pada eksperimen ke 7:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,885^2 + 1,005^2) \right) = 0,4738$$

Pada eksperimen ke 8:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (1,195^2 + 1,207^2) \right) = -1,5909$$

Pada eksperimen ke 9:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (2,087^2 + 2,165^2) \right) = -6,5527$$

Hasil perhitungan rasio S/N yang diperoleh untuk respon yang diamati dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Rasio S/N untuk Respon

No	Parameter Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan		
	A	B	C	Replikasi 1	Replikasi 2	S/N
1	1	1	1	2,124	2,282	-6,9000
2	1	2	2	2,476	2,397	-7,7364
3	1	3	3	2,404	2,585	-7,9453
4	2	1	2	1,307	1,526	-3,0502
5	2	2	3	2,271	2,036	-6,6758
6	2	3	1	2,112	2,172	-6,6172
7	3	1	3	0,885	1,005	0,4738

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Rasio S/N untuk Respon (Lanjutan)

8	3	2	1	1,195	1,207	-1,5909
9	3	3	2	2,087	2,165	-6,5527
Rata-rata						-5,1772

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.3 dapat dicari nilai dari rasio S/N pada tiap parameter dan berikut diperoleh hasil perhitungan respon dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini :

Tabel 4.7 Respon Rasio S/N Parameter terhadap *Mean*

**Taguchi Analysis: Replikasi 1; Replikasi 2 versus Kecepatan Po;
Kedalaman Pe; .**

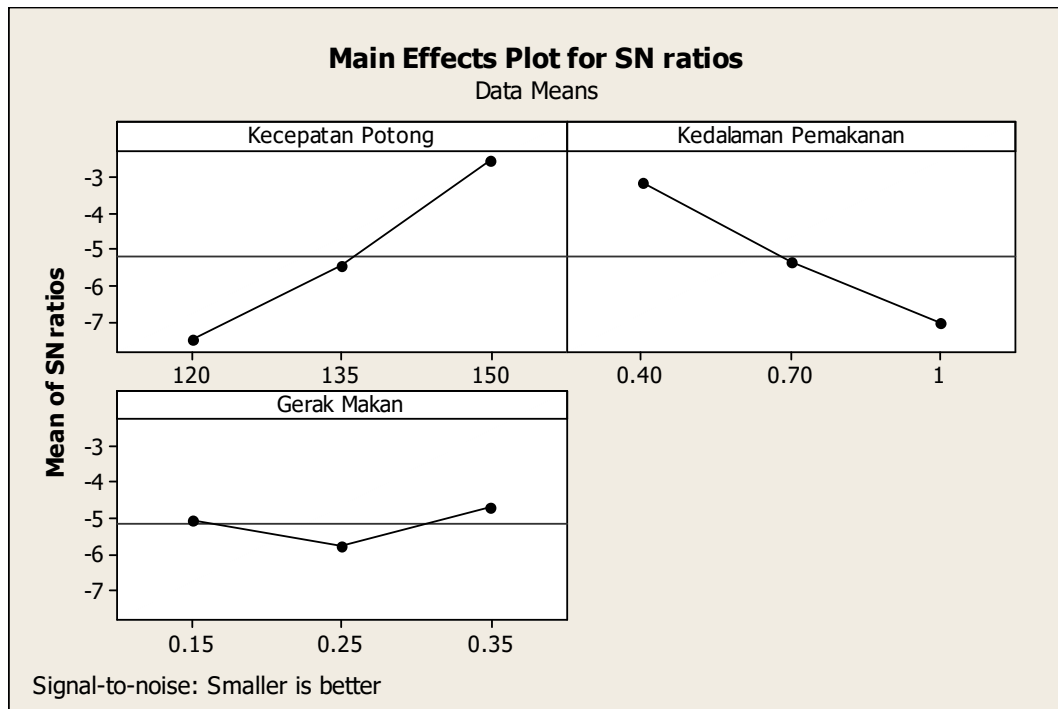
Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

Level	Kecepatan Potong	Kedalaman Pemakanan	Gerak Makan
1	-7,516	-3,147	-5,025
2	-5,448	-5,334	-5,780
3	-2,557	-7,038	-4,716
Delta	4,959	3,891	1,064
Rank	1	2	3

Sumber : Hasil Perhitungan *Software* Analisis

Dari Tabel 4.7 rasio S/N tiap parameter pada setiap level terhadap respon dapat ditentukan peringkat atau rank yang paling berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan. Urutan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan selisih nilai yaitu 4,959, kedalaman pemakanan dengan nilai yaitu 3,891 dan terakhir yang memiliki pengaruh paling kecil adalah gerak makan dengan selisih nilai yaitu 1,064.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dibuat grafik untuk memperlihatkan nilai rasio S/N yang terkecil pada masing-masing level untuk setiap parameter yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Respon Rasio S/N untuk Masing-masing Level Parameter

Berdasarkan Gambar 4.2 grafik hasil respon nilai rasio S/N terhadap kekasaran permukaan pada masing-masing level dari parameter proses, maka dapat ditentukan untuk prediksi kombinasi parameter-parameter proses yang menghasilkan respon optimal. Kombinasi parameter-parameter proses untuk respon optimal dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini :

Tabel 4.8 Respon Rasio S/N Parameter terhadap Hasil Kekasaran Permukaan

Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Kecepatan Potong	Level 3	150 m/menit
Kedalaman Pemakanan	Level 1	0,40 mm
Gerak Makan	Level 3	0,35 mm/put

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.4 Perhitungan Langsung Nilai Rasio S/N Terhadap Respon

Perhitungan nilai rasio S/N terhadap respon kekasaran permukaan melalui kombinasi level dari masing-masing parameter dapat dilihat di bawah ini :

$$A1 = 1/3 (-6,9000 + -7,7364 + -7,9453) = -7,5273$$

$$A2 = 1/3 (-3,0502 + -6,6758 + -6,6172) = -5,4477$$

$$A3 = 1/3 (0,4738 + -1,5909 + -6,5527) = -2,5565$$

$$B1 = 1/3 (-6,9000 + -3,0502 + 0,4738) = -3,1587$$

$$B2 = 1/3 (-7,7364 + -6,6758 + -1,5909) = -5,3344$$

$$B3 = 1/3 (-7,9453 + -6,6172 + -6,5527) = -7,0384$$

$$C1 = 1/3 (-6,9000 + -6,6172 + -1,5909) = -5,0360$$

$$C2 = 1/3 (-7,7364 + -3,0502 + -6,5527) = -5,7797$$

$$C3 = 1/3 (-7,9453 + -6,6758 + 0,4738) = -4,7157$$

Untuk ketiga parameter utama yang diamati yaitu kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan pengaruh parameternya dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini :

Tabel 4.9 Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan dari Pengaruh Parameter

Rasio S/N dari pengaruh parameter			
Level	A	B	C
Level 1	- 7,5273	-3,1587	-5,0360
Level 2	-5,4477	-5,3344	-5,7797
Level 3	-2,5565	-7,0384	-4,7157
Selisih	4,9708	3,8797	1,064
Peringkat	1	2	3

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.9 respon rasio S/N pada setiap level terhadap respon kekasaran permukaan dapat ditentukan peringkat atau rank yang paling berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan. Urutan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan selisih nilai yaitu 4,9708, kedalaman pemakanan dengan nilai yaitu 3,8797 dan terakhir yang memiliki pengaruh paling kecil adalah gerak makan dengan selisih nilai yaitu 1,064.

4.3 Analisis Varian Rasio S/N

Sebagaimana parameter yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kekasaran permukaan, maka untuk mengetahui parameter yang berpengaruh secara signifikansi terhadap nilai rasio S/N juga dapat dilakukan *analysis of variance*.

Analysis of variance pengaruh masing-masing parameter terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini :

Tabel 4.10 Hasil Anova

General Linear Model: S/N versus Kecepatan Po; Kedalaman Pe; Gerak Makan

Factor	Type	Levels	Values
Kecepatan Potong	fixed	3	120; 135; 150
Kedalaman Pemakanan	fixed	3	0,4; 0,7; 1,0
Gerak Makan	fixed	3	0,15; 0,25; 0,35

Analysis of Variance for S/N, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Kecepatan Potong	2	37,390	37,390	18,695	3,45	0,225
Kedalaman Pemakanan	2	22,688	22,688	11,344	2,09	0,323
Gerak Makan	2	1,788	1,788	0,894	0,16	0,858
Error	2	10,845	10,845	5,422		
Total	8	72,711				

S = 2,32860 R-Sq = 85,09% R-Sq(adj) = 40,34%

Sumber : Hasil Perhitungan *Software* Analisis

Berdasarkan Tabel 4.10 hasil anova didapatkan keputusan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F test dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini:

Tabel 4.11 Keputusan Uji

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F Tabel (0,05;2;8)	Keputusan Uji
Kecepatan Potong	3,45	4,46	H0 diterima/Gagal ditolak
Kedalaman Pemakanan	2,09		H0 diterima/ Gagal ditolak
Gerak Makan	0,16		H0 diterima/ Gagal ditolak

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisis :

Karena nilai F-Test lebih kecil dibandingkan dengan nilai F-Tabel maka H0 diterima, artinya tidak terdapat pengaruh pada ketiga parameter tersebut terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Dari ketiga parameter yaitu kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan pada setiap levelnya dapat dilihat level mana yang memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan yang paling baik dapat dilihat pada Tabel 4.12, 4.13 dan 4.14 sebagai berikut :

Tabel 4.12 Perbandingan Level dari Kecepatan Potong terhadap Respon S/N

Kecepatan Potong					
Potong	N	Mean	Grouping		
150	3	-2,557	A		
135	3	-5,448	A		
120	3	-7,527	A		

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable S/N
All Pairwise Comparisons among Levels of Kecepatan Potong
Kecepatan Potong = 120 subtracted from:

Kecepatan Potong	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
135	2,079	1,901	1,094	0,6033
150	4,971	1,901	2,614	0,2107

Kecepatan Potong = 135 subtracted from:

Kecepatan Potong	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
150	2,891	1,901	1,521	0,4406

Sumber : Hasil Perhitungan *Software Analisis*

Dari tabel 4.12 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter kecepatan potong terhadap respon parameter S/N yang paling baik terhadap nilai kekasaran permukaan adalah level (150). Hal ini dapat dilihat dari *Difference of Means* yang paling besar dengan nilai 4,971.

Tabel 4.13 Perbandingan Level dari Kedalaman Pemakanan terhadap Respon S/N

Kedalaman Pemakanan					
Pemakanan	N	Mean	Grouping		
0,4	3	-3,159	A		
0,7	3	-5,334	A		
1,0	3	-7,038	A		

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable S/N
All Pairwise Comparisons among Levels of Kedalaman Pemakanan
Kedalaman Pemakanan = 0,4 subtracted from:

Kedalaman Pemakanan	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
0,7	-2,176	1,901	-1,144	0,5815
1,0	-3,880	1,901	-2,041	0,3045

Kedalaman Pemakanan = 0,7 subtracted from:

Kedalaman Pemakanan	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
1,0	-1,704	1,901	-0,8963	0,6936

Sumber : Hasil Perhitungan *Software Analisis*

Dari tabel 4.13 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter kedalaman pemakanan terhadap respon parameter S/N yang paling baik terhadap nilai kekasaran permukaan adalah level (0,4). Hal ini dapat dilihat karena nilai *Difference of Means* level (0,7) dan level (1) menunjukkan nilai negatif masing-masing yaitu (-2,176) dan (-3,880).

Tabel 4.14 Perbandingan Level dari Gerak Makan terhadap Respon S/N

Gerak	N	Mean	Grouping
Makan			
0,35	3	-4,716	A
0,15	3	-5,036	A
0,25	3	-5,780	A

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable S/N
All Pairwise Comparisons among Levels of Gerak Makan
Gerak Makan = 0,15 subtracted from:

Gerak	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Makan				
0,25	-0,7437	1,901	-0,3912	0,9222
0,35	0,3203	1,901	0,1684	0,9846

Gerak Makan = 0,25 subtracted from:

Gerak	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Makan				
0,35	1,064	1,901	0,5596	0,8529

Sumber : Hasil Perhitungan *Software Analisis*

Dari tabel 4.14 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter gerak makan terhadap respon parameter S/N yang paling baik terhadap nilai kekasaran permukaan adalah level (0,35). Hal ini dapat dilihat dari *Difference of Means* yang paling besar dengan nilai 0,3203.

4.4 Persen Kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing parameter, terlebih dahulu dihitung SS' pada Rumus (2.9) adalah :

$$SS'_{\text{faktor}} = SS_{\text{faktor}} - MS_{\text{error}} (V_v) \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_E (V_A) \\ &= 37,390 - (5,422 \times 2) \\ &= 26,546 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\
 &= 22,688 - (5,422 \times 2) \\
 &= 11,844
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_C &= SS_C - MS_E(V_C) \\
 &= 1,788 - (5,422 \times 2) \\
 &= -9,056
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\
 &= 72,711 - 26,546 - 11,844 - (-9,056) \\
 &= 43,377
 \end{aligned}$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing parameter dapat dihitung dengan rumus (2.10) :

$$\rho = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100\% \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned}
 \rho_A &= \frac{26,546}{72,711} \times 100\% \\
 &= 36,50\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_B &= \frac{11,844}{72,711} \times 100\% \\
 &= 16,28\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_C &= \frac{-9,056}{72,711} \times 100\% \\
 &= -12,45\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_e &= \frac{43,377}{72,711} \times 100\% \\
 &= 59,65\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 4.15 sebagai berikut :

Tabel 4.15 Persen Kontribusi Rasio S/N

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio	P-Value	ρ %
A	2	37,390	18,695	3,45	0,225	36,50%
B	2	22,688	11,344	2,09	0,323	16,28%
C	2	1,788	0,894	0,16	0,858	-12,45%
Error	2	10,845	5,422			59,65%
Total	8	72,711	-			

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.15 perhitungan persen kontribusi parameter di atas menunjukkan bahwa faktor A (kecepatan potong) memiliki kontribusi yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan parameter kedalaman pemakanan dan gerak makan yaitu sebesar 36,50%. Kontribusi kedua yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah faktor B (kedalaman pemakanan) yaitu sebesar 16,28%. Dan kontribusi ketiga yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah faktor C (gerak makan) yaitu sebesar - 12,45%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan oleh peneliti pada bab sebelumnya mengenai judul Analisis Nilai Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Pada Proses Pemesinan Bubut CNC Dengan Metode Taguchi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis yang telah dilakukan terhadap nilai kekasaran permukaan dari ketiga parameter yang dipilih pada variasi proses pemesinan yaitu kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan. Dimana parameter kecepatan potong memberikan pengaruh kontribusi sebesar 36,50%. Kedua yaitu parameter kedalaman pemakanan yang memberikan pengaruh kontribusi sebesar 16,28%. Dan yang terakhir adalah parameter gerak makan memberikan pengaruh kontribusi sebesar -12,45%.
2. Pengaturan *setting* parameter pada proses pemesinan bubut CNC untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah pada material baja AISI 1045 dapat diperoleh dengan variasi parameter kecepatan potong 150 m/menit (faktor A level 3), kedalaman pemakanan 0,40 mm (faktor B level 1) dan gerak makan 0,35 mm/put (faktor C level 3).

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lagi dengan cara menambahkan parameter bebas dan levelnya seperti variasi media pendingin dan material alat potong. Serta dapat ditambahkan lagi parameter terikat yang nantinya akan diteliti lagi seperti laju pembuangan material (MRR).
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode yang lain selain Metode Taguchi sebagai perbandingan terhadap respon seperti Metode (RSM), Desain Faktorial dan metode-metode baru.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Zubaidi, I. Syafat, dan Darmanto. (2012). "Analisis Pengaruh Kecepatan Putar dan Kecepatan Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan Material FCD 40 pada Mesin Bubut CNC". *Jurnal Momentum*, Hal. 40-47.
2. Apreza, S., Kurniawan, Z., & Subhan, M. (2017). "Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Pembubutan Baja ST.42 Dengan Menggunakan Metode Taguchi". *Jurnal Manutech* , Vol 9, Hal. 76-85.
3. Ardianto, R. (2010). "Pengaruh Kecepatan Spindel, Kecepatan Pemakanan Dan Kedalaman Pemakan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Permesinan Bubut CNC Pada Baja St 40". Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
4. Arifin, A. (2020, May 14). *Parameter Pemotongan pada Proses Pembubutan*. Retrieved Januari 11, 2021, from <https://achmadarifin.com/parameter-pemotongan-pada-proses-pembubutan>
5. Arifin, A. (2017, Desember 25). *Pengetahuan Dasar Mesin Bubut CNC*. Retrieved Januari 10, 2021, from https://achmadarifin.com.cdn.ampproject.org/v/s/achmadarifin.com/pengetahuan-dasar-mesin-bubutcnc/amp?amp_js_v=a6&_gsa=1&usqp=mq331AQHKAFQArABIA%3D%3D#aoh=16102881740959&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&_tf=Dari%20%251%24s&share=https%3A%2F
6. Furqoni, M. R. (2020, November 5). *Bagian Mesin CNC*. Retrieved Januari 10, 2021, from <https://teknikece.com/mesin-cnc/bagian-mesin-cnc/>
7. Iriawan, N., & Astuti, S. P. (2006). *Mengolah Data Statistik dengan Mudah menggunakan Minitab 14 Edisi 1*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
8. Kurniawan, Z., Yudo, E., & Rosmansyah, R. (2018). "Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Material Amutit Dengan Proses CNC Turning Menggunakan Desain Taguchi". *Jurnal Manutech* , Vol. 10, Hal.46-57.
9. Munadi, S. (1988). *Dasar-dasar Metrologi Industri*. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
10. Pramono, A. (2011). "Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai". *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* , Vol.5, Hal. 32-38.
11. Purnomo, B. (2017). "Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31 yang Dibubut Menggunakan Pahat Putar dan Udara Dingin". Universitas Lampung, Jurusan Teknik Mesin, Bandar Lampung.

12. Raul, Widiyanti, & Poppy. (2016). "Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong Pada Mesin Bubut terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja St 41". Teknik Mesin .
13. Rifnaldy, R., & Mulianti. (2019). "Pengaruh Perlakuan Panas Hardening dan Tempering terhadap Kekerasan (Hardness) Baja AISI 1045". *Jurnal Of Multidisciplinary Research and Development* , Vol.1 (Issue 4), Hal. 950-959.
14. Rochim, T. (2001). *Sfesifikasi, Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik*. Bandung: ITB.
15. Santoso, K., & Suhardiman. (2019)." Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja". *Seminar Nasional Industri dan Teknologi*, Politeknik Negeri Bengkalis , 160.
16. Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
17. Sunyapa, B. (2016). "Analisis Variansi Proses Milling CNC Terhadap Kekasaran Permukaan Baja St 41 Dengan Metode Taguchi". Jember: Universitas Jember.
18. Widarto. (2008). *Teknik Pemesinan*. Jakarta: Depdiknas.
19. Yusman, F. (2018). "Pengaruh Media Pendingin pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan dan Stuktur Mikro Baja AISI 1045". Bandar Lampung.

Lampiran 1 :

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Rahmat Dwi Cahyo
Tempat, Tanggal Lahir : Belinyu, 20 Juli 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Pendidikan Terakhir : D IV (Teknik Mesin dan Manufaktur)
Alamat : Komplek KD Panji, RT 013/RW 00
Desa Gunung Muda, Kecamatan Belinyu
Kabupaten Bangka, Bangka Belitung
Telepon/HP : 0831-7908-4080
Email : rahmatdwi433@gmail.com

Pendidikan Formal

- a. 2014-2017 : SMK YPN Belinyu
- b. 2011-2014 : SMP Negeri 2 Belinyu
- c. 2005-2011 : SD Negeri 22 Gunung Muda

Lampiran 2 :

Pemilihan Parameter Bebas dan Levelnya

Tabel 2.2 Daftar Parameter Bebas dan Level

Kode	Parameter Bebas	Level		
		1	2	3
A	Kecepatan Potong (m/menit)	120	135	150
B	Kedalaman Pemakanan (mm)	0,40	0,70	1
C	Gerak Makan (mm/put)	0,15	0,25	0,35

Lampiran 3 :

Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan dan Nilai Rasio S/N

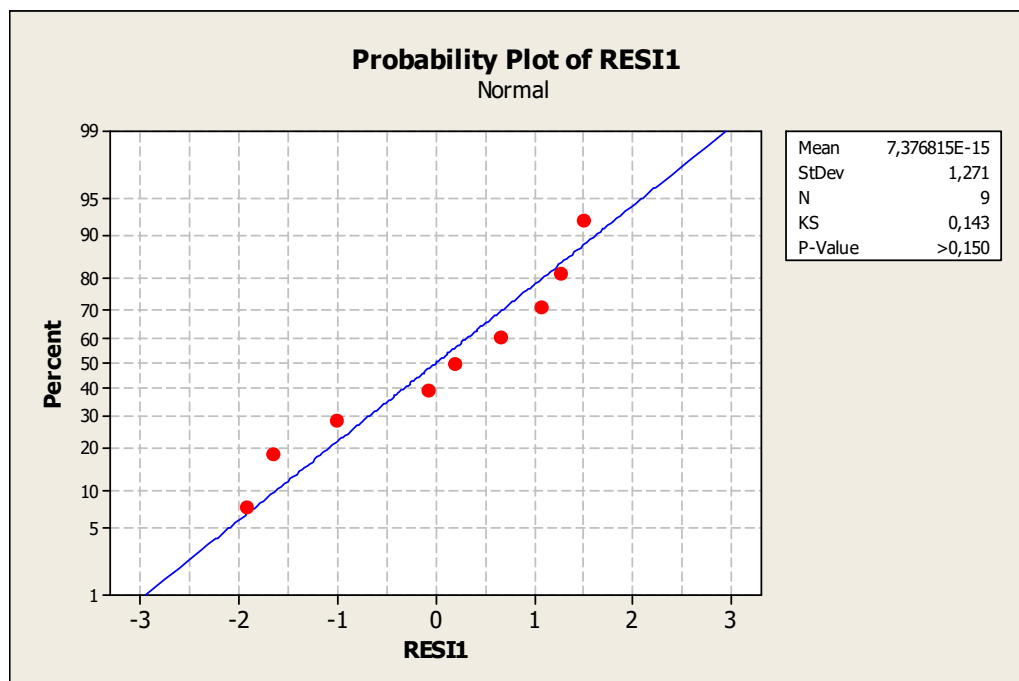
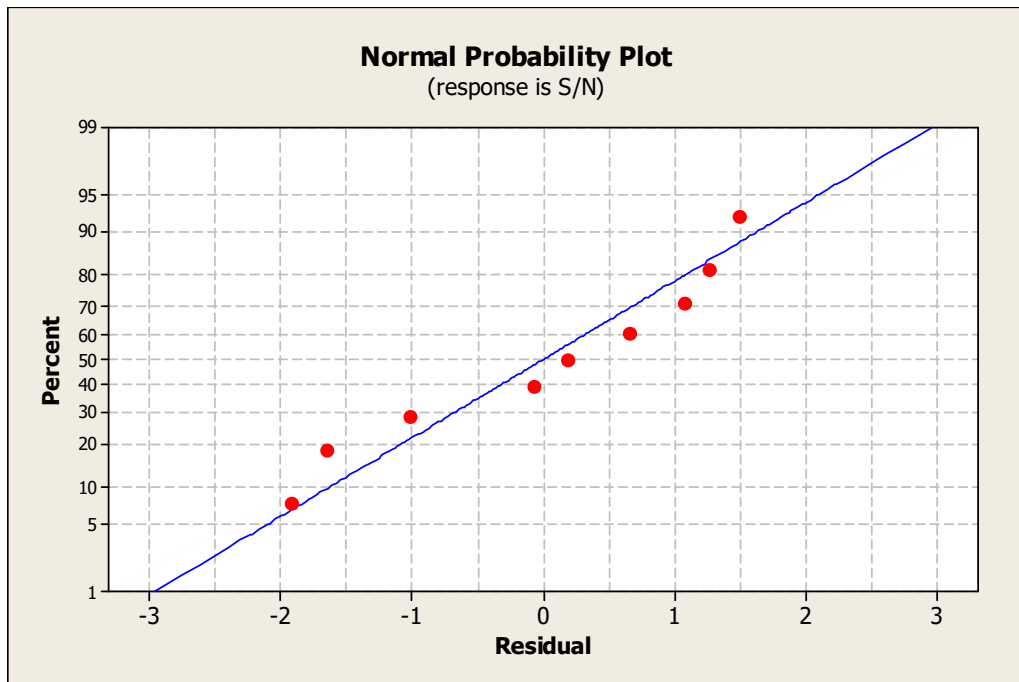
Tabel 3.1 Pengukuran dan Perhitungan Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Percobaan

No	Parameter Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan			
	A	B	C	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata	Rasio S/N
1	1	1	1	2,124	2,282	2,203	-6,9000
2	1	2	2	2,476	2,397	2,437	-7,7364
3	1	3	3	2,404	2,585	2,495	-7,9453
4	2	1	2	1,307	1,526	1,417	-3,0502
5	2	2	3	2,271	2,036	2,154	-6,6758
6	2	3	1	2,112	2,172	2,142	-6,6172
7	3	1	3	0,885	1,005	0,945	0,4738
8	3	2	1	1,195	1,207	1,201	-1,5909
9	3	3	2	2,087	2,165	2,126	-6,5527
Rata-rata						1,902	-5,1772

Sumber : Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Lampiran 4 :

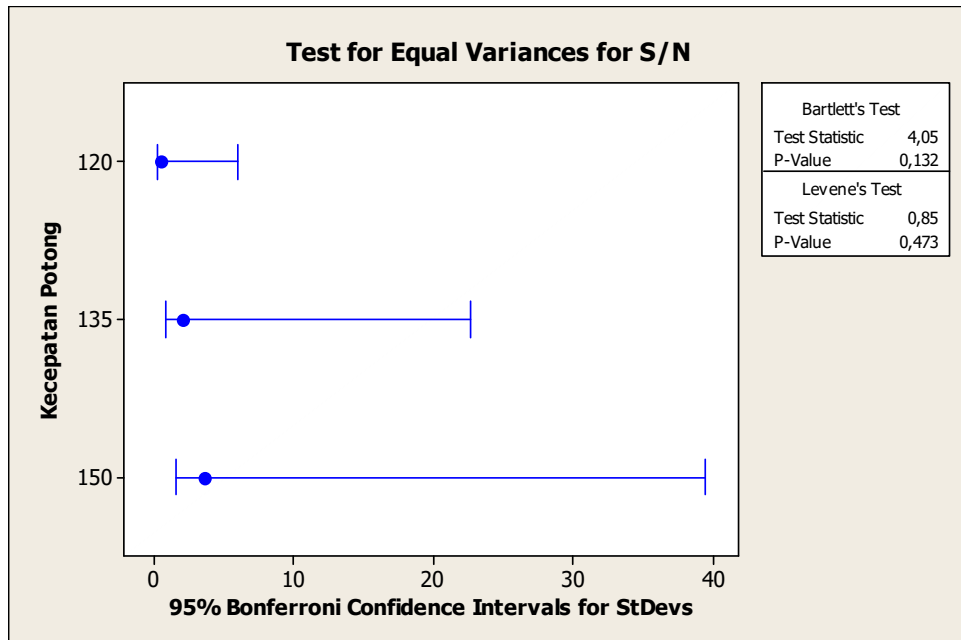
Uji Distribusi Normal



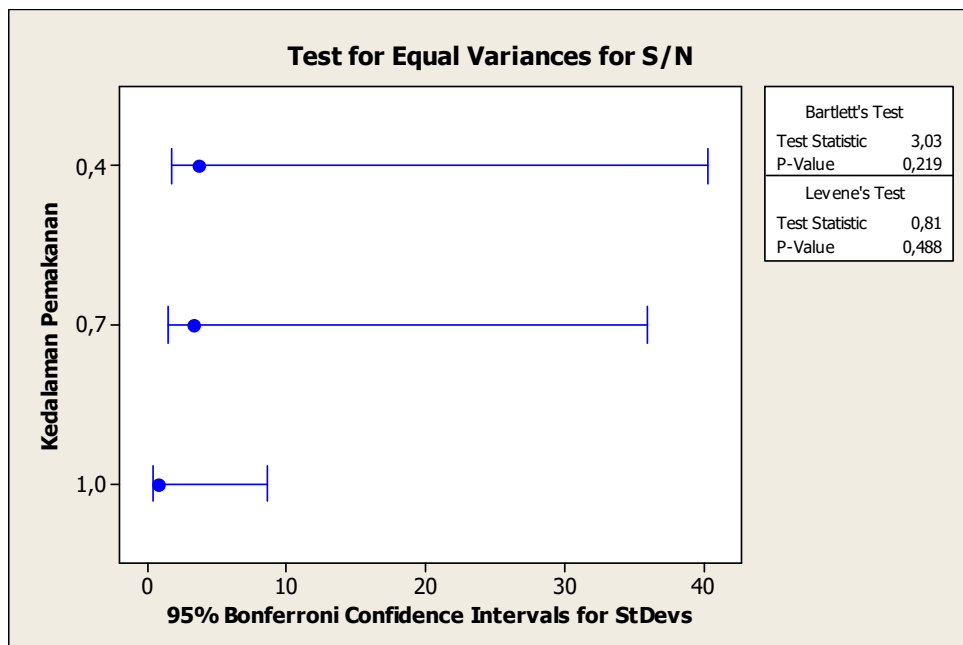
Gambar 4.1 Uji Kenormalan Data Kekasaran Permukaan menggunakan Nilai Rasio S/N

Lampiran 5 :

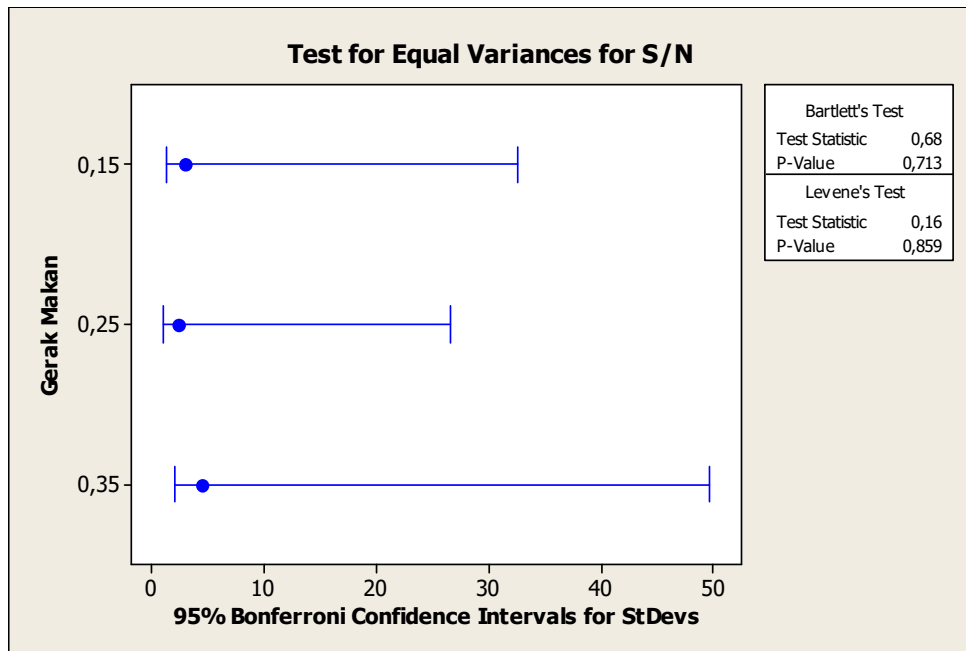
Uji Homogen



Gambar 5.1 Uji Homogen Varians Kecepatan Potong menggunakan Nilai Rasio S/N



Gambar 5.2 Uji Homogen Varians Kedalaman Pemakanan menggunakan Nilai Rasio S/N



Gambar 5.3 Uji Homogen Varians Gerak Makan menggunakan Nilai Rasio S/N

Lampiran 6 :

Perhitungan Anova Dua Arah Rasio S/N

Derajat bebas total :

$$\begin{aligned}V_T &= N - 1 \\ &= 9 - 1 = 8\end{aligned}$$

Derajat kebebasan A :

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Derajat kebebasan B :

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Derajat kebebasan C :

$$V_C = 3 - 1 = 2$$

Derajat bebas total :

$$\begin{aligned}V_{\text{Error}} &= V_T - V_A - V_B - V_C \\ &= 8 - 2 - 2 - 2 = 2\end{aligned}$$

Perhitungan parameter A :

Jumlah kuadrat (*Sum of Square*)

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *Sum of Square* parameter A :

$$\begin{aligned}SS_A &= \frac{(-22,5819)^2}{3} + \frac{(-16,3432)^2}{3} + \frac{(-7,6697)^2}{3} - \frac{(-46,5936)^2}{9} \\ &= 37,4040\end{aligned}$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{37,4040}{2} = 18,7020$$

$$SS_T = \sum Y^2$$

$$\begin{aligned}&= (-6,9000)^2 + (-7,7364)^2 + (-7,9453)^2 + \dots + (-6,5527)^2 \\ &= 313,9444\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*) :

$$\begin{aligned}SS_M &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \cdot (-5,1772)^2 \\ &= 241,2319\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned}SS_{\text{Faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 37,4040 + 22,7603 + 1,7878 \\ &= 61,9521\end{aligned}$$

Residual *error* :

$$\begin{aligned}SS_e &= SS_T - SS_M - SS_{\text{Faktor}} \\ &= 313,9444 - 241,2319 - 61,9521 \\ &= 10,7604\end{aligned}$$

Menghitung F hitung A :

$$F_{\text{Rasio A}} = \frac{SS_A}{SS_e} = \frac{37,4040}{10,7604} = 3,476$$

Perhitungan parameter B :

Jumlah kuadrat (*Sum of Square*)

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

Perhitungan *Sum of Square* parameter B :

$$\begin{aligned}SS_B &= \frac{(-9,4764)^2}{3} + \frac{(-16,212)^2}{3} + \frac{(-21,1151)^2}{3} - \frac{(-46,8035)^2}{9} \\ &= 22,7603\end{aligned}$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*)

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{22,7603}{2} = 11,3801$$

$$\begin{aligned}SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (-6,9000)^2 + (-7,7364)^2 + (-7,9453)^2 + \dots + (-6,5527)^2 \\ &= 313,9444\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*) :

$$\begin{aligned}SS_M &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \cdot (-5,1772)^2 \\ &= 241,2319\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned}SS_{\text{Faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 37,4040 + 22,7603 + 1,7878 \\ &= 61,9521\end{aligned}$$

Residual *error* :

$$\begin{aligned}SS_e &= SS_T - SS_M - SS_{\text{Faktor}} \\ &= 313,9444 - 241,2319 - 61,9521 \\ &= 10,7604\end{aligned}$$

Menghitung F hitung B :

$$F_{\text{Rasio B}} = \frac{SS_B}{SS_e} = \frac{22,7603}{10,7604} = 2,1151$$

Perhitungan parameter C :

Jumlah kuadrat (*Sum of Square*)

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

Perhitungan *Sum of Square* parameter C :

$$\begin{aligned}SS_C &= \frac{(-15,1082)^2}{3} + \frac{(-17,3393)^2}{3} + \frac{(-14,1472)^2}{3} - \frac{(-46,5947)^2}{9} \\ &= 1,7878\end{aligned}$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*)

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{1,7878}{2} = 0,8939$$

$$\begin{aligned}SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (-6,9000)^2 + (-7,7364)^2 + (-7,9453)^2 + \dots + (-6,5527)^2 \\ &= 313,9444\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*) :

$$\begin{aligned}SS_M &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \cdot (-5,1772)^2 \\ &= 241,2319\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned}SS_{\text{Faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 37,4040 + 22,7603 + 1,7878 \\ &= 61,9521\end{aligned}$$

Residual *error* :

$$\begin{aligned}SS_e &= SS_T - SS_M - SS_{\text{Faktor}} \\ &= 313,9444 - 241,2319 - 61,9521 \\ &= 10,7604\end{aligned}$$

Menghitung F hitung C :

$$F_{\text{Rasio C}} = \frac{SS_C}{SS_e} = \frac{1,7878}{10,7604} = 0,1661$$

Kuadrat tengah error :

$$\begin{aligned}MS_{\text{Error}} &= \frac{SS_e}{V_{\text{error}}} = \frac{10,7604}{2} \\ &= 5,3802\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned}SS_{\text{Total}} &= SS_A + SS_B + SS_C + SS_e \\ &= 37,4040 + 22,7603 + 1,7878 + 10,7604 \\ &= 72,7125\end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan analisis variansi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 6.1 dibawah ini :

Tabel 6.1 Analisis Variansi Rasio S/N Kekasaran Permukaan

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio
A	2	37,4040	18,7020	3,476
B	2	22,7603	11,3801	2,1151
C	2	1,7878	0,8939	0,1661
Error	2	10,7604	5,3802	
Total	8	72,7125	-	

Sumber : Hasil Perhitungan

Persen Kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing parameter, terlebih dahulu dihitung SS' dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 SS'_A &= SS_A - MS_E (V_A) \\
 &= 37,4040 - (5,3802 \times 2) \\
 &= 26,6436
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_B &= SS_B - MS_E (V_B) \\
 &= 22,7603 - (5,3802 \times 2) \\
 &= 11,9999
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_C &= SS_C - MS_E (V_C) \\
 &= 1,7878 - (5,3802 \times 2) \\
 &= -8,9726
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\
 &= 72,7125 - 26,6436 - 11,9999 - (-8,9726) \\
 &= 43,0416
 \end{aligned}$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing parameter dapat dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{SS_{faktor}}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho A = \frac{26,6436}{72,7125} \times 100\%$$

$$= 36,6424\%$$

$$\rho B = \frac{11,9999}{72,7125} \times 100\%$$

$$= 16,5032\%$$

$$\rho C = \frac{-8,9726}{72,7125} \times 100\%$$

$$= -12,3398\%$$

$$\rho e = \frac{43,0416}{72,7125} \times 100\%$$

$$= 59,1942\%$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 6.2 dibawah ini :

Tabel 6.2 Persen kontribusi rasio S/N

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	37,4040	18,7020	3,476	36,6424%
B	2	22,7603	11,3801	2,1151	16,5032%
C	2	1,7878	0,8939	0,1661	-12,3398%
Error	2	10,7604	5,3802		59,1942%
Total	8	72,7125	-		

Sumber : Hasil Perhitungan

Lampiran 7 :

Kecepatan Potong

Tabel 7.1 Nilai Kecepatan Potong berdasarkan Material dan Jenis Pahat

Bahan / Material	VC (m/minutes)	
	HSS	Carbide
Mild steel, st37, ck10, ck22, ck26, vf20	20-25	60-120
St60, ck45	18-21	70-200
St70, ck60	16-17	60-70
Stainless Steel	11-15	50-70
Cast Steel	10-16	60-75
Cast Iron, Maleable Cast Iron	16-20	45-60
Bronze	40-50	60-100
Kuningan (brass)	30-60	100-120
Logam Ringan	80-200	400-800

