

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
CNC TURNING MATERIAL BAJA ST 42
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

*Surface Roughness Analysis In The CNC Turning Process On ST 42
Steel Material using The Taguchi Method*

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

Oleh :

HERMANSYAH RHOMADAN

NIM : 1041711



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA, BELITUNG

2021

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
CNC *TURNING* MATERIAL BAJA ST 42
MENGUNAKAN METODE *TAGUCHI***

*Surface Roughness Analysis In The CNC Turning Process On ST 42
Steel Material using The Taguchi Method*

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

Oleh :

HERMANSYAH RHOMADAN

NIM : 1041711



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2021

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
CNC *TURNING* MATERIAL BAJA ST 42
MENGUNAKAN METODE *TAGUCHI***

*Surface Roughness Analysis In The CNC Turning Process On ST 42
Steel Material using The Taguchi Method*

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

Oleh :

HERMANSYAH RHOMADAN

NIM : 1041711



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2021

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
CNC TURNING MATERIAL BAJA ST 42
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

Penulis :
HERMANSYAH RHOMADAN
NIM - 1041711

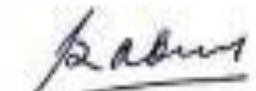
Penguji :

- 1. Ketua : Robert Napitupulu, S.S.T., M.T.
- 2. Anggota : Eko Yudo, S.S.T., M.T.
- 3. Anggota : Erwansyah, S.S.T., M.T.



Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 25 februari 2021
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan

Pembimbing Utama



Robert Napitupulu, S.S.T., M.T.
NIDN : 0207027701

Pembimbing Pendamping



Kusman, S.S.T., M.T.
NIDN : 0229057601



Erwansyah, S.S.T., M.Eng.
NIP : 198801242019031008

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Hermansyah Rhomadan

NIM 1041711

Dengan judul : Analisis Kekasaran Permukaan Pada Proses CNC *Turning*
Material Baja ST.42 Dengan Menggunakan Metode
Taguchi.

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, Penulis bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, Febuari 2021



Hermansyah Rhomadan

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

1. MOTTO

Moto hidup penulis antara lain sebagai berikut :

- a. Perlakukanlah orang lain sebagaimana kau ingin diperlakukan, apa yang kamu tanam itu yang akan kau petik.
- b. Semua pilihan itu tidak ada yang salah, yang ada hanya konsekuensi dan akibat yang menentukan salah tidaknya pilihan itu.

2. PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini penulis persembahkan :

- a. Kepada kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan demi kesuksesan penulis dimasa depan.
- b. Kepada dosen pembimbing yang selalu mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini.
- c. Kepada sanak saudara dan teman-teman penulis yang selalu mendukung dalam terselesaikannya tugas akhir ini.

ABSTRAK

Kekasaran permukaan yang minimum merupakan sasaran yang ingin dicapai pada proses pengerjaan benda kerja dengan menggunakan CNC *Turning*. Dimana semakin kecil nilai kekasaran permukaan akan menghasilkan kekasaran permukaan yang baik (*smaller-is-better*). Tetapi proses yang lambat akan berpengaruh terhadap waktu pengerjaan produk, serta akan meningkatkan biaya produksi. Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan setting parameter proses yang menghasilkan kekasaran permukaan benda kerja yang minimal. Suatu penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui setting kombinasi variabel (Gerak makan, Putaran *spindel* dan kedalaman pemakanan) terhadap kekasaran permukaan minimum, dan untuk mengetahui persentase kontribusi parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan pada proses CNC *Turning*. Metode penelitian menggunakan Metode *Taguchi* dengan Rancangan percobaan matriks *orthogonal* $L_9(3^3)$, karena ada tiga parameter proses yang memiliki tiga level. Pengulangan dilakukan sebanyak dua kali. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kekasaran permukaan. Selain itu didapat level-level dari parameter-parameter proses putaran *spindel* (put/min), gerak makan (*feeding*), dan kedalaman pemakanan yang dapat meminimalkan kekasaran permukaan. Hasil penelitian ini menunjukkan setting kombinasi variabel parameter yang tepat untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang minimum adalah putaran *spindel* 1250 put/min, kedalaman pemakanan 0,5 mm, gerak makan 1,0 mm/rev. persentase kontribusi parameter yang berpengaruh pada kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan sebesar 24,41%

Kata kunci: CNC *Turning* , Kekasaran Permukaan, Metode *Taguchi* Parameter.

ABSTRACT

Minimum surface roughness is the target to be achieved in the workpiece machining process using CNC Turning. Where the smaller the surface roughness value will result in a better (smaller-is-better) surface roughness. But the slow process will affect the processing time of the product, and will increase production costs. To overcome this, it is necessary to set process parameters that result in minimal surface roughness of the workpiece. This research aims to determine the variable combination settings (feeding motion, spindle rotation and infeed depth) to the minimum surface roughness, and to determine the percentage contribution of parameters that affect surface roughness in the CNC Turning process. The research method used the Taguchi method with L9 orthogonal matrix experimental design (33), because there are three process parameters that have three levels. Repetition is done twice. From the research results, the surface roughness value is obtained. In addition, the levels obtained from the spindle rotation process parameters (Rpm), feeding motion (feeding), and the depth of feeding that can minimize surface roughness. The results of this study indicate the right combination setting of parameter variables to produce the minimum surface roughness is a spindle rotation of 1250 rpm / min, infeed depth of 0.5 mm, feeding motion of 1.0 mm / rev. The percentage contribution of parameters that affects surface roughness is the infeed depth of 24.41%

Keywords: *CNC Turning, Surface Roughness, Taguchi Method Parameters.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya. Atas kehendak-Nya juga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES CNC *TURNING* PADA MATERIAL BAJA ST.42 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*”**.

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

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

1. Ibu dan abah tercinta, terima kasih tak terhingga atas do'a dan kasih sayangnya yang telah diberikan.
2. Bapak Robert Napitupulu, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama saya yang telah banyak sekali memberi motivasi dan arahan kepada penulis serta membantu penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Husman, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang juga membantu memberi semangat dan membantu penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak I Made Andik Setiawan, S.S.T., M.Eng, ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. sebagai Ka. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Boy Rollastin, S.S.T.,M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Mesin dan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

7. Dosen-dosen Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Jajaran Tata Usaha, atas bantuannya dalam urusan administratif.
9. Teman – teman Teknik Mesin dan Manufaktur 2021, atas persahabatan, kebaikan dan kekeluargaan yang tak mungkin terlupakan.
10. Keluarga yang tidak henti-hentinya mendo'akan serta memberi motivasi untuk terus maju.
11. Semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Sungailiat, Febuari 2021



Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan Penelitian	I-2
1.4. Batasan Masalah	I-2
1.5. Manfaat Penelitian	I-3
BAB II TINJAUAN UMUM	II-1
2.1. Mesin Bubut CNC.....	II-1
2.1.1 Pengertian Mesin Bubut CNC	II-1
2.2. Pahat <i>Carbide</i>	II-2
2.2.1 Material Pahat <i>Carbide</i>	II-4
2.3. Karakteristik Baja ST.42.....	II-4
2.4. Kekasaran Permukaan	II-5
2.5. Variabel Proses	II-7
2.5.1 Putaran <i>Spindel</i>	II-7

	2.5.2	Kedalaman Pemakanan	II-8
	2.5.3	Gerak Makan.....	II-9
	2.6	Metode <i>Taguchi</i>	II-10
	2.6.1	Matriks <i>Orthogonal Array</i>	II-10
	2.6.2	Analisis Dalam Metode <i>Taguchi</i>	II-12
	2.6.3	Analisis <i>Signal to Noise Ratio</i>	II-13
	2.6.4	Uji Normalitas.....	II-14
	2.6.5	Uji Homogenitas	II-14
BAB	III	METODE PENELITIAN	III-1
	3.1	Desain Eksperimen.....	III-2
	3.1.1	Variabel Bebas	III-2
	3.1.2	Variabel Respon	III-3
	3.1.3	Variabel Konstan.....	III-3
	3.1.4	Variabel <i>Noise</i>	III-3
	3.2	Bahan Dan Peralataan Penelitian	III-3
	3.2.1	Bahan Penelitian.....	III-3
	3.2.2	Mesin CNC <i>Turning</i>	III-4
	3.2.3	Peralatan Ukur.....	III-5
	3.2.4	Peralatan Bantu	III-5
	3.3	Rancangan Percobaan	III-6
	3.3.1	Setting Variabel Pada Mesin CNC.....	III-6
	3.3.2	Pemilihan Matriks <i>Orthogonal</i>	III-7
	3.4	Pelaksanaan Percobaan	III-8
	3.5	Pengukuran Dan Pengambilan Data	III-9
	3.6	Menghitung Mean/Rata-rata	III-11
	3.7	Menghitung <i>S/N Ratio</i>	III-11
	3.8	Analisa Hasil Penelitian	III-11
	3.9	Kesimpulan	III-11
BAB	IV	PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
	4.1.	Pengambilan Data Hasil Percobaan	IV-1
	4.2.	Analisis <i>Varians Taguchi</i>	IV-2

4.2.1	Perhitungan Mean Terhadap Respon	IV-2
4.2.2	Perhitungan Level <i>Means</i> Terhadap Respon	IV-4
4.2.3	Analisis Varian Rata-rata/ <i>Means</i>	IV-6
4.2.4	Persen Kontribusi Rata-rata/Mean	IV-7
4.3	Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon	IV-8
4.3.1	Perhitungan Level Nilai Rasio S/N Terhadap Respon.....	IV-12
4.3.2	Analisis Varian Rasio S/N	IV-13
4.3.3	Persen Kontribusi Rasio S/N.....	IV-14
4.4	Uji Normalitas Hasil	IV-16
4.5	Uji Dua Varian Hasil.....	IV-16
4.6	Pembahasan.....	IV-17
4.7	Analisa.....	IV-17
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1.	Kesimpulan	V-1
5.2.	Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA		xvi
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Klasifikasi Alat Potong <i>Carbide</i>	I-3
Tabel 2.2	Klasifikasi Sifat-Sifat Baja	II-5
Tabel 2.3	Nilai Kekasaran Dan Tingkat Kekasaran.....	II-6
Tabel 2.4	Harga Kekasaran Permukaan Untuk Dicapai	II-7
Tabel 3.1	Variabel Proses dan Pengaturan Level.....	III-6
Tabel 3.2	Derajat Kebebasan Faktor dan Level	III-7
Tabel 3.3	Tabel Matriks <i>orthogonal array</i> $L_9(3^3)$	III-8
Tabel 4.1	Data Hasil Pengukuran Uji Kekasaran Awal	IV-1
Tabel 4.2	Data Hasil Perhitungan Pengukuran Kekasaran.....	IV-2
Tabel 4.3	Data Hasil Pengukuran Kekasaran <i>Software Statistik</i>	IV-3
Tabel 4.4	Respon Parameter Terhadap Mean.....	IV-3
Tabel 4.5	Respon Rata-rata Kekasaran Dari Pengaruh Faktor.....	IV-5
Tabel 4.6	Hasil ANOVA Rata-rata	IV-6
Tabel 4.7	Keputusan Uji Rata-rata.....	IV-6
Tabel 4.8	Persen Kontribusi Rata-rata.....	IV-8
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Rasio S/N Untuk Respon.....	IV-10
Tabel 4.10	Respon Rasio S/N Parameter Terhadap Mean	IV-10
Tabel 4.11	Respon Rasio S/N Parameter Terhadap Kekasaran	IV-11
Tabel 4.12	Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan.....	IV-12
Tabel 4.13	Hasil ANOVA Rasio S/N.....	IV-13
Tabel 4.14	Keputusan Uji Rasio S/N	IV-14
Tabel 4.15	Persen Kontribusi Rasio S/N.....	IV-15
Tabel 4.16	Hasil Uji Normalitas.....	IV-16
Tabel 4.17	Hasil Uji Homogenitas/Dua Varian	IV-17

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pahat dan <i>Insert Carbide</i>	II-2
Gambar 2.2 Variabel Kekasaran Permukaan	II-6
Gambar 2.3 Panjang Benda Kerja Dilalui Pahat Setiap Putaran.....	II-8
Gambar 2.4 Gerak Makan (<i>f</i>) Dan Kedalaman Pemakanan (<i>a</i>)	II-9
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian	III-1
Gambar 3.2 Bentuk Benda Kerja	III-4
Gambar 3.3 Pahat <i>Carbide</i> CNMG120408	III-4
Gambar 3.4 Mesin CNC SL-25 B/500	III-5
Gambar 3.5 <i>Surface Roughness Tester</i>	III-5
Gambar 3.6 Jangka Sorong, Ketelitian 0,05 mm	III-6
Gambar 3.7 Benda Kerja Hasil CNC SL-25 B/500.....	III-9
Gambar 3.8 Skema Proses Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	III-10
Gambar 3.9 Pengkalibrasian Alat Uji <i>Surface Roughness Tester</i>	III-10
Gambar 4.1 Grafik Kekasaran Rata-rata Hasil <i>Software Statistik</i>	IV-4
Gambar 4.2 Grafik Respon Rasio S/N Hasil <i>Software Statistik</i>	IV-11

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis
- Lampiran 2 Data Hasil Pengukuran Uji Kekasaran Benda Kerja
- Lampiran 3 Hasil Perhitungan Kekasaran permukaan
- Lampiran 4 Hasil Uji Homogenitas Dari *software Statistik*
- Lampiran 5 Hasil Uji Homogenitas Dari *software Statistik*
- Lampiran 6 Analisis Variabel Respon Individu Rata-rata
- Lampiran 7 Analisis Variabel Respon Individu S/N Rasio
- Lampiran 8 Tabel Spesifikasi Mesin CNC SL-25 B/500
- Lampiran 9 Tabel Spesifikasi Pahat *Insert CNMG120408*
- Lampiran 10 Tabel Spesifikasi Alat Ukur *Surface Roughness Tester*
- Lampiran 11 F- Tabel Distribusi Untuk Probalitas
- Lampiran 12 Tabel Sertifikat Baja ST.42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur tidak lepas dari adanya proses permesinan, khususnya pada proses pembubutan. Proses pembubutan merupakan proses pemotongan yang menggunakan mesin perkakas untuk memproduksi bentuk silindris dan juga dapat digunakan untuk membuat ulir, pengeboran dan meratakan benda putar dengan cara memotong benda kerja yang berputar pada *spindel* menggunakan alat potong (pahat) yang memiliki tingkat kekerasan di atas benda kerja yang dibentuk. (Rozaq dan Iswanto, 2017)

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan, Kekasaran permukaan benda kerja tergantung pada hasil pembubutan yang terjadi pada permukaan benda kerja. Hasil pembubutan yang terjadi pada permukaan benda kerja meninggalkan bekas berupa garis/kawah-kawah halus pada permukaan benda kerja tersebut. Bekas garis/kawah tersebut tergantung pada pahat dan benda kerja yang digunakan.

Pada penelitian sebelumnya metode yang digunakan metode *taguchi*, dari proses CNC *Turning*, dengan parameter putaran *spindel* 2866 rpm, kecepatan potong 0,40 mm/put, kedalaman pemakanan 1 mm, dan respon yang diambil kekasaran permukaan pada material AMUTIT, hasil yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan sebesar 82,6%. (Yudo dan kurniawan, 2018)

Dari uraian di atas, maka dilakukan suatu penelitian dalam penggunaan *feeding* untuk mendapatkan nilai kekasaran yang diinginkan terhadap perbandingan hasil kekasaran permukaan benda kerja dengan menggunakan pahat jenis *Carbide* dengan material ST.42. Dari latar belakang tersebut maka akan dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Kekasaran Permukaan Pada Proses CNC *Turning* Pada Baja ST.42 Dengan Menggunakan Metode

Taguchi”, dimana Metode *Taguchi* itu sendiri berfungsi untuk meningkatkan kualitas dari hasil manufaktur, karena metode ini termasuk salah satu dari metode analisa yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

Pada penelitian sebelumnya metode yang digunakan metode *taguchi*, dari proses CNC *Turning*, dengan parameter putaran *spindel* 2748 rpm, gerak makan 0,15 mm/put, kedalaman pemakanan 0,5 mm, dan respon yang diambil kekasaran permukaan pada material baja ST.42, hasil yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah gerak makan sebesar 99,48%. (Afreza, 2017)

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah ditulis oleh penulis maka dapat disampaikan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Bagaimana seting kombinasi variabel Putaran *spindel*, Gerak makan dan kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan minimum baja ST.42 pada proses CNC *Turning*?
- Berapa persen kontribusi parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan baja ST.42 pada proses CNC *Turning*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis melakukan penelitian ini adalah bertujuan untuk:

- Untuk mengetahui seting kombinasi variabel parameter yang tepat untuk mendapatkan hasil kekasaran permukaan yang minimum pada proses CNC *Turning*.
- Untuk mengetahui persentase kontribusi parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan pada proses CNC *Turning*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang penulis sampaikan panelitian ini adalah sebagai berikut :

- Dalam penelitian ini penulis hanya sebatas membahas tentang pengaruh kekasaran permukaan terhadap proses CNC *Turning* baja ST.42.

- Pada penelitian ini penulis hanya menganalisa hasil kekasaran permukaan dengan menggunakan tiga parameter pada proses CNC *Turning* dengan material baja ST.42.
- Benda kerja yang digunakan dari bahan baja ST.42.
- Proses pembubutan menggunakan mesin CNC SL-25 B/500.
- Jenis pahat yang digunakan adalah *Carbide type* CNMG120408.
- Tidak menghitung waktu proses pembubutan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diantaranya :

- Variabel proses yang tepat agar diperoleh kekasaran permukaan yang minimal.
- Menambah *database* tentang seting variabel proses pemesinan pembubutan untuk menganalisis kekasaran permukaan pada pembubutan benda kerja ST.42.
- Sebagai bahan referensi bagi penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang analisis kekasaran permukaan benda kerja ST.42.



BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Mesin Bubut CNC

2.1.1 Pengertian Mesin Bubut CNC

Secara garis besar pengertian mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf). Sebagai contoh: apabila pada layar monitor mesin kita tulis M30 *spindel* utama mesin akan berputar dan apabila kita tulis M05, *spindel* utama mesin akan berhenti berputar.

Mesin CNC tingkat dasar yang ada pada saat ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu mesin CNC *Two Axis* atau yang lebih dikenal dengan mesin bubut (*lathe machine*) dan mesin CNC *Three Axis* atau yang lebih dikenal dengan mesin frais (*milling machine*). Mesin bubut CNC secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua sebagai berikut:

1. Mesin bubut CNC *Training Unit* (CNC TU).
2. Mesin bubut CNC *Production Unit* (CNC PU).

Kedua mesin tersebut mempunyai prinsip kerja yang sama, akan tetapi yang membedakan kedua tipe mesin tersebut adalah penggunaannya dilapangan. CNC TU dipergunakan untuk pelatihan dasar pemrograman dan pengoprasian mesin CNC yang dilengkapi dengan EPS (*External Programing System*). Mesin CNC jenis *Training Unit* hanya mampu dipergunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringandengan bahan yang relatif lunak. Sedangkan mesin CNC PU dipergunakan untuk memproduksi massal. Mesin ini dilengkapi dengan assesoris tambahan seperti sistem pembuka otomatis yang menerapkan prinsip kerja hidrolis, pembuangan tatal dan sebagainya.

Gerakan mesin bubut CNC dikontrol oleh komputer, sehingga semua gerakan yang berjalan sesuai dengan program yang diberikan, keuntungan dari

sistem ini adalah memungkinkan mesin untuk diperintah mengulang gerakan yang sama secara terus menerus dengan tingkat ketelitian yang sama pula.

2.2 Pahat Carbide

Pada masa sekarang ini alat potong karbida telah banyak menggantikan alat potong HSS. Pahat karbida memiliki kecepatan potong 3 sampai 5 kali lebih cepat dari pada kecepatan potong HSS. Pahat karbida mempunyai sifat-sifat kekerasan yang tinggi pada berbagai tingkatan suhu, konduktivitas termal yang tinggi serta modulus yang juga tinggi dan ketahanan aus yang baik, sehingga alat potong yang terbuat dari karbida merupakan alat potong yang efektif dan efisien. Karbida sementasi (*cemented carbide*) atau sering disebut sebagai karbida saja dibuat dengan metode metalurgi serbuk. Proses pembuatan karbida dilaksanakan dengan proses *sintering* atau *hot isostatic pressing* (HIP), di mana partikel-partikel karbida halus digabungkan dengan menggunakan suatu pengikat (*binder*). Karbida yang pertama dikembangkan adalah tungsten karbida, di mana dalam pembuatannya serbuk tungsten karbida diikat oleh suatu pengikat logam yang umumnya menggunakan *kobalt* sebagai pengikat. Selama proses ini pengikat (*kobalt*) memasuki tahap mencair sedangkan serbuk karbida akan tetap dalam wujud padat karena memiliki titik lebur yang lebih tinggi. Hasilnya, pengikat akan menyemen atau menyatukan massa butiran karbida dan membentuk komposit matriks logam. Alat potong karbida tersedia dalam bentuk mata pemotong solid dan mata pemotong sisipan yang dilapisi yang disekrupkan atau yang *dibrasing* pada ujung badan/tangkai pahat.



Sumber : www.instructables.com, www.gumos.indiatrade.com,

Gambar 2.1 Pahat dan mata pemotong sisipan Carbide

Alat potong karbida dapat dibedakan menjadi karbida kelas bukan baja dan karbida kelas baja. Karbida kelas bukan baja harus memiliki sifat lebih tahan terhadap aus abrasif, sedangkan karbida kelas baja harus lebih tahan terhadap keausan kawah (*cratering*) dan lebih tahan panas. Karbida kelas bukan baja digunakan untuk memotong material-material bukan baja terutama besi tuang dan logam *non ferro*, sedangkan karbida kelas baja digunakan untuk memotong material-material baja. Karbida kelas bukan baja terbuat dari tungsten karbida murni dan *kobalt* sebagai pengikat. Pada karbida kelas baja, selain tungsten karbida dan *kobalt* sebagai dasar, juga ditambahkan titanium karbida (TiC) dan tantalum karbida (TaC). Karbida kelas bukan baja dan kelas baja diklasifikasikan sebagai karbida kelas-C. Pada pengelompokan karbida ini, kelas C1 sampai C4 merupakan karbida kelas bukan baja dan kelas C5 sampai C8 merupakan karbida kelas baja.

Sementara itu, *International Organization for Standardization* (ISO) telah mengembangkan standar-standar untuk pengelompokan alat potong karbida, seperti pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi alat potong *Carbide*

Kode ISO	Kode warna	Aplikasi
P	Biru	Untuk memotong material-material yang umum, membentuk tatal panjang seperti baja karbon dan baja paduan rendah
M	Kuning	Untuk memotong logam-logam ferro yang membentuk tatal panjang dan pendek, seperti baja tahan karat
K	Merah	Untuk memotong logam-logam ferro, logam-logam non ferro dan material bukan logam yang membentuk tatal pendek seperti besi tuang, kuningan dan lain-lain

Sumber : (http://pusat-lingkar.com/2017/09/material_pahat_bubut.html)

2.2.1 Material Pahat Carbide

Pahat yang digunakan dipenelitian ini adalah pahat *carbide type* CNMG, Pada umumnya material dasar dari pahat karbida adalah Karbida Tungsten (WC+Co) yang dilapisi dengan bahan pelapis berupa *Titanium Nitrida* (TiN), *Titanium Carbida* (TiC), *Titanium Carbonitrida* (TiCN) dan *Aluminium Oxida* (Al₂O₃). Lapisan dibuat dengan dua cara yaitu dengan proses PVD (*Physical Vapour Deposition*) dan proses CVD (*Chemical Vapour Deposition*). Pelapisan secara CVD (*Chemical Vapour Deposition*) menghasilkan ikatan yang lebih kuat dari pada PVD (*Physical Vapour Deposition*). Bahan pelapis berguna untuk menghambat terjadinya difusi dan sebagai pelumas padat yang berfungsi untuk mereduksi gesekan dan panas tergenerasi selama proses pemotongan berlangsung. Pahat potong yang dilapisi dengan bahan pelapis mampu memberikan peningkatan kekerasan dan ketangguhan pahat sehingga dapat memperkecil gesekan dan aus pahat.

2.3 Karakteristik Baja ST.42

Material yang digunakan di penelitian ini adalah material ST.42, Material ST.42 adalah jenis baja konstruksi yang mempunyai kekuatan tarik minimal 42 Kg/ mm² sampai 50 Kg/ mm². Bahan baja ST.42 ini sendiri memiliki komposisi kimia antara lain : karbon (C) 0,25 %, mangan (Mn) 0,80 %, silikon (Si) 0,30 % dan sisanya besi (Fe) [3]. Dapat diketahui baja ini mempunyai kandungan karbon (C) dibawah 0,3 %, jadi termasuk dalam baja karbon rendah. Metode penambahan karbon padat merupakan cara yang paling sederhana untuk meningkatkan kualitas baja ST.42, agar dapat memperluas penggunaannya. Pada akhirnya melalui proses *pack carburizing* penggunaan baja karbon rendah untuk bahan baku (*rawmaterials*) dapat memperluas penggunaannya (Nanulaitta dan Eka, 2012).

Tabel 2.2 Klasifikasi sifat-sifat baja

jenis	kelas	Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm)	Kekuatan tarik (kg/mm)	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinel
Baja karbon rendah	-baja lunak	0,08	18-28	32-36	40-30	95-100
	-baja sangat lunak	0,08-0,12	20-29	36-42	40-30	80-120
	-baja setengah lunak	0,12-0,20	22-30	38-48	36-24	100-120
		0,20-0,30	24-36	44-45	32-22	112-145
Baja karbon sedang	-baja setengah keras	0,30-0,40	30-40	50-60	30-17	140-170
Baja karbon tinggi	-baja keras	0,04-0,05	34-46	58-70	26-14	160-200
	-baja sangat keras	0,50-0,80	36-100	65-100	20-11	180-235

Sumber : (<http://123dok.com/document/dzxxm8oz-analisis-kekuatan-fatik-baja-karbon-rendah-rotary-bending.html>)

2.4 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan, Kekasaran permukaan benda kerja tergantung pada hasil pembubutan yang terjadi pada permukaan benda kerja. ISO (*International Organization for Standardization*) telah mengklasifikasikan nilai kekasaran rata-rata aritmetik (Ra) menjadi 12 tingkat kekasaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Angka kekasaran permukaan ini bertujuan untuk menghindari kemungkinan terjadinya kesalahan dalam menginterpretasikan satuan harga kekasaran permukaan. Dengan adanya hal ini, kekasaran permukaan dapat dituliskan langsung dengan menyatakan harga Ra atau dengan menggunakan tingkat kekasaran ISO. Dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Nilai kekasaran dan tingkat kekasaran

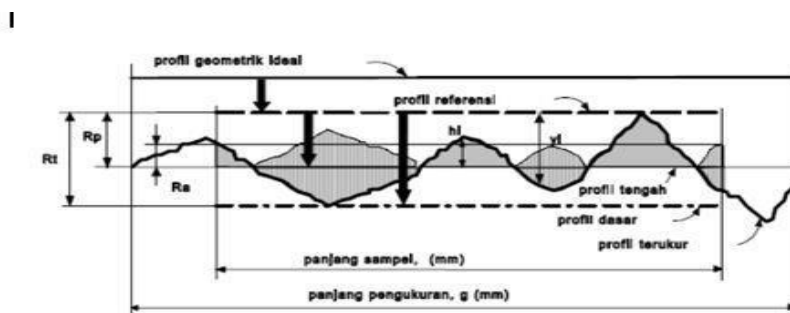
Kekasaran, R_a (μm)	Tingkat kekasaran	Panjang sampel (mm)
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2,5
6,3	N9	
3,2	N8	0,8
1,6	N7	
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	0,25
0,1	N3	
0,05	N2	
0,025	N1	0,08

Sumber : (Rochim, 2001)

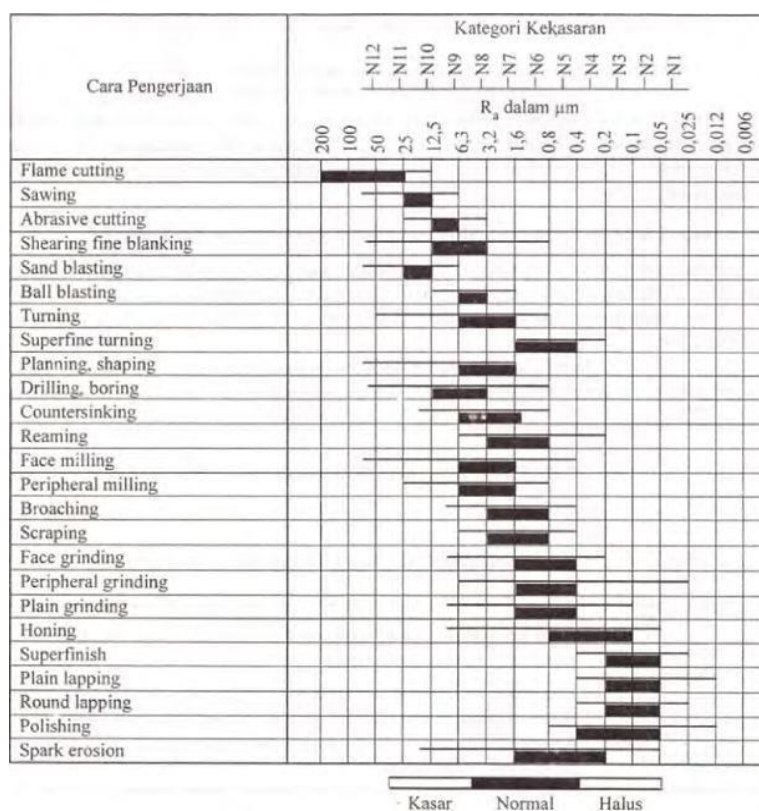
Kekasaran rata-rata merupakan harga rata-rata secara arimetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah dengan rumus berikut ini :

$$R_a = \frac{1}{n} \sum y \text{ (}\mu\text{m)} \quad (2.1)$$

Adapun profil-profil pada kekasaran permukaan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.

**Gambar 2.2** Variabel kekasaran permukaan (Rochim, 2001)

Beberapa nilai contoh kekasaran yang dapat dicapai oleh cara pengerjaan yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Harga kekasaran yang dicapai oleh beberapa pengerjaan

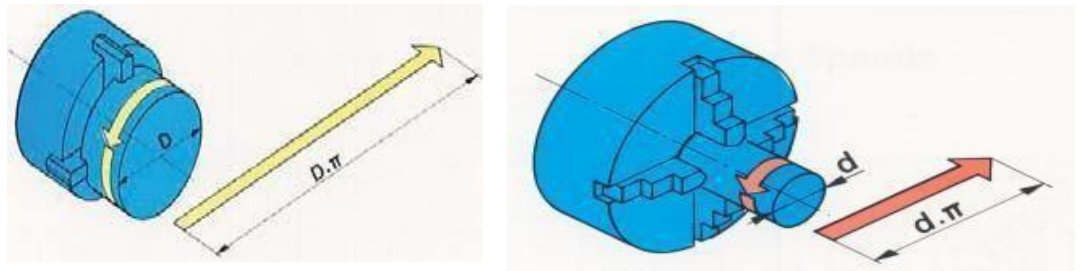
Sumber: (Rochim, 2001)

2.5 Variabel Proses

Parameter pemotongan pada proses pembubutan yang dimaksud dengan parameter pemotongan pada proses pembubutan adalah informasi dasar-dasar perhitungan, rumus dan tabel-tabel yang mendasari teknologi proses pemotongan/penyayatan pada mesin bubut diantaranya. Parameter pemotongan pada proses pembubutan meliputi :

2.5.1 Putaran Spindel

Kecepatan putar sering dikaitkan dengan *spindel* (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar mesin bubut didefinisikan sebagai putaran per menit (*revolution per minute, rpm*) pada *spindelnya*, hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Pada proses bubut hal yang diutamakan yaitu kecepatan potong (*cutting speed* atau V_c) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat atau keliling benda kerja terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Panjang benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran
(Rahdiyanta, 2010)

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan kecepatan potong pada putaran *spindel* adalah sebagai berikut :

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.2)$$

Dimana : V_c : adalah kecepatan potong (mm/menit).

π : adalah konstanta, seharga 3.14

d : diameter rata-rata benda kerja $((d_0+d_m)/2)$ (mm)

n : putaran *spindle* (rpm)

2.5.2 Kedalaman Pemakanan

Kedalaman pemakanan adalah rata-rata selisih dari diameter benda kerja sebelum dibubut dengan diameter benda kerja setelah dibubut. Kedalaman pemakanan dapat diatur dengan menggeserkan peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter). Kedalaman pemakanan dapat diartikan pula dengan dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau tebalnya tatal bekas bubutan. Kedalaman pemakanan dirumuskan sebagai berikut :

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

dimana : a : kedalaman pemakanan (mm)

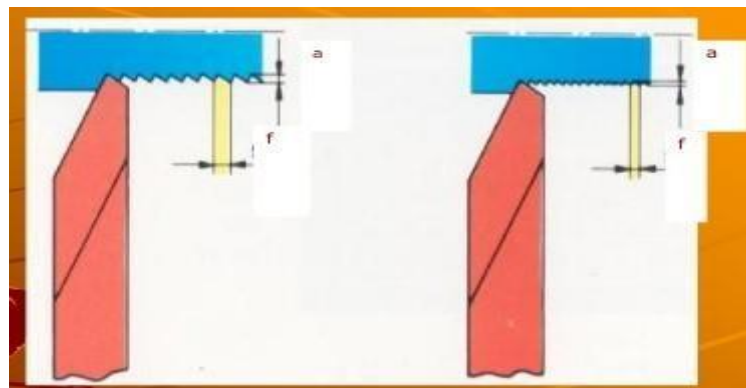
d_0 : diameter awal (mm)

d_m : diameter akhir (mm)

2.5.3 Gerak Makan (*feeding*)

Gerak makan adalah jarak yang ditempuh oleh pahat penyayat ketika langkah pemakanan berlangsung. Gerak makan (*feeding*) adalah jarak tempuh perkakas (mm) setiap perputaran benda kerja. Menurut (Widarto, 2008) gerak makan (*feeding*) adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan f adalah mm/putaran atau *inchi/put*. Lebih besar gerak makan lebih tebal pula bram/serpih yang dihasilkan. Gerak makan juga tergantung pada tipe pemakanan (*roughing/finishing*), jenis bahan yang dikerjakan dan pahat potong yang digunakan.

Kualitas permukaan potong tergantung pada kondisi pemotongan, misalnya kecepatan potong rendah dengan *feeding* dan *depth of cut* yang besar akan menghasilkan permukaan yang kasar (*roughing*) sebaliknya kecepatan potong tinggi dengan *feeding* dan *depth of cut* kecil menghasilkan permukaan yang halus.



Gambar 2.4 Gerak makan (f) dan Kedalaman pemakanan (a)
(Widarto dkk, 2008)

Untuk menghitung kecepatan gerak makan menggunakan rumus dibawah

ini :

$$V = f \cdot n \quad (2.4)$$

Dimana :

V = kecepatan gerak makan (m/min)

f = gerak makan (mm/rev)

n = putaran benda kerja (rad/min)

2.6 Metode Taguchi

Metode *Taguchi* merupakan metodologi penelitian dalam bidang teknik untuk memperbaiki proses, karakteristik benda kerja dan dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Metode *taguchi* berupaya mencapai sasaran tersebut dengan menjadikan benda kerja dan proses tidak sensitive terhadap berbagai variabel gangguan (*noise*), seperti material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional (soejanto, 2009). Metode *Taguchi* menjadikan benda kerja dan proses mempunyai sifat kokoh (*robust*) terhadap variabel-variabel gangguan tersebut. Oleh karena itu, Metode *Taguchi* juga disebut *robust design*.

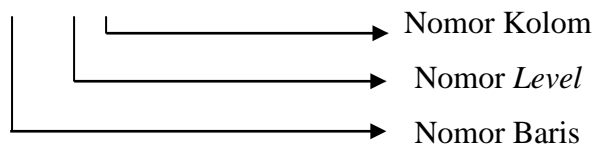
Metode *Taguchi* mempunyai beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan metode desain lainnya (soejanto, 2009). Kelebihan tersebut diantaranya :

1. Lebih efisien karena dapat melaksanakan penelitian dengan memperbanyak variabel dan level variabel.
2. Menghasilkan kesimpulan mengenai level dari variabel kontrol yang menghasilkan respon minimal.

2.6.1 Matriks Orthogonal Array

Orthogonal Array adalah matriks dari sejumlah baris dan kolom. Setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya. Masing-masing kolom mewakili faktor-faktor yang dari percobaan yang dilakukan. *Array* disebut *Orthogonal* karena setiap *level* dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain percobaan. *Orthogonal Array* merupakan suatu matriks faktor dan *level* yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau *level* yang lain. Cara penomoran *Orthogonal Array*.

L9 (3^3)



Keterangan:

1. Notasi L

Notasi L menyatakan informasi mengenai *Orthogonal Array*

2. Nomor baris

Menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *Orthogonal Array*

3. Nomor kolom

Menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam *Orthogonal Array*

4. Nomor *level*

Menyatakan jumlah *level* faktor

Untuk dua *level*, tabel OA terdiri dari L4, L8, L12, L16, dan L32, sedangkan untuk tiga *level* tabel OA terdiri dari L9, L18, L27. Pemilihan jenis *Orthogonal Array* akan digunakan pada percobaan didasarkan pada jumlah derajat bebas total. Penentuan derajat bebas berdasarkan pada:

1. Jumlah faktor utama yang diamati dan interaksi.
2. Jumlah *level* dari faktor yang diamati.
3. Resolusi percobaan yang diinginkan atau batasan biaya.

Orthogonal Arrays mempunyai beberapa manfaat, yaitu:

1. Kesimpulan yang diambil dapat menjangkau ruang lingkup parameter kendali dan masing-masing *levelnya* secara keseluruhan.
2. Sangat menghemat pelaksanaan percobaan karena tidak menggunakan prinsip *fully operational* seperti percobaan yang biasa, tetapi menggunakan prinsip *fractional factorial*. Artinya, tidak semua kombinasi *level* harus dilakukan percobaan, melainkan hanya beberapa saja. Untuk menentukan *level* mana yang harus dilakukan dalam pengambilan data, maka harus mengacu pada

model *Orthogonal Array* yang standard. Pemilihan matriks *Orthogonal Array* disesuaikan dengan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya.

3. Kemudahan dalam analisis data.

Pemilihan matrik *orthogonal* yang sesuai ditentukan dari jumlah derajat kebebasan dan jumlah level variabel. Matriks *orthogonal* memiliki kemampuan untuk mengevaluasi sejumlah variabel dengan jumlah percobaan yang minimum. Suatu matriks *orthogonal* dilambangkan persamaan :

La (bc) dengan : L = Rancangan bujur sangkar latin

a = Banyaknya percobaan

b = Banyaknya level variabel

c = Banyaknya variabel

2.6.2 Analisis Dalam Metode *Taguchi*

Dalam metode *Taguchi* terdapat dua macam analisis yang digunakan dengan tujuan berbeda-beda. Kedua macam analisis tersebut adalah :

a. ANOM (*Analysis of Mean*)

Anom atau analisis rata-rata, digunakan untuk mencari kombinasi dari parameter kendali sehingga diperoleh hasil yang minimum sesuai dengan keinginan. Caranya adalah membandingkan nilai rata-rata S/N rasio setiap level dan masing-masing parameter kendali dengan menggunakan grafik. Dari perbandingan tersebut diketahui apakah parameter kendali yang dimaksud berpengaruh terhadap proses atau tidak berpengaruh terhadap proses.

b. ANOVA (*Analysis of Variant*)

Anova atau analisis varian, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali suatu proses. Besarnya pengaruh tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *Sum of Square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali.

2.6.3 Analisis *Signal to Noise Ratio* (S/N Rasio)

Dalam metode *Taguchi* terdapat tiga macam analisis yang digunakan untuk menentukan S/N rasio. Ketiga macam analisis tersebut adalah :

- *Smaller is Better*

Analisis jenis ini biasanya untuk menganalisis suatu cacat pada produk, yang mana harga idealnya kalau bisa harus sama dengan nol. Yang berarti semakin kecil kekasaran permukaan maka akan semakin baik. Untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$S/N = -10 \log [\sum_{i=1}^n y_i^2] \quad (2.5)$$

- *Larger is Better*

Analisis jenis ini merupakan kebalikan dari analisis *Smaller is Better*. Kasus yang biasanya dianalisa dengan cara ini adalah untuk mencari kecepatan penghasil Gram (MMR) yang paling besar, yang berarti semakin besar MRR maka semakin produktif proses produksi tersebut. Untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$S/N = -10 \log [\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n}] \quad (2.6)$$

- *Nominal the Better*

Analisa jenis ini sering digunakan apabila nilai yang telah ditetapkan merupakan suatu yang mutlak atau sangat diharapkan. Jadi tidak boleh lebih besar atau kecil dari nilai yang telah ditetapkan sebelumnya. Contohnya adalah dimensi pada komponen-komponen mekanik (pada industri manufaktur).

$$S/N = -10 \times \log \frac{\bar{y}^2}{s^2} \quad (2.7)$$

2.6.4 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah suatu data berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas yang penulis gunakan pada penelitian ini menggunakan *Kolmogorov Smirnov*.

- Hipotesis uji kenormalan data adalah
 H_0 : data berdistribusi normal (maka Terima H_0)
 H_1 : data tidak berdistribusi normal (maka Tolak H_0)
- Kriteria penolakan adalah :
 Tolak H_0 : $p\text{-value} > \alpha$ dan $\alpha = 5 \% = 0,05$.
 Terima H_0 : $p\text{-value} < \alpha$ dan $\alpha = 5 \% = 0,05$

2.6.5 Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah kelompok dalam populasi yang sama atau tidak. Jika kelompok dalam populasi tersebut mempunyai variansi yang sama maka kelompok tersebut dikategorikan homogen.

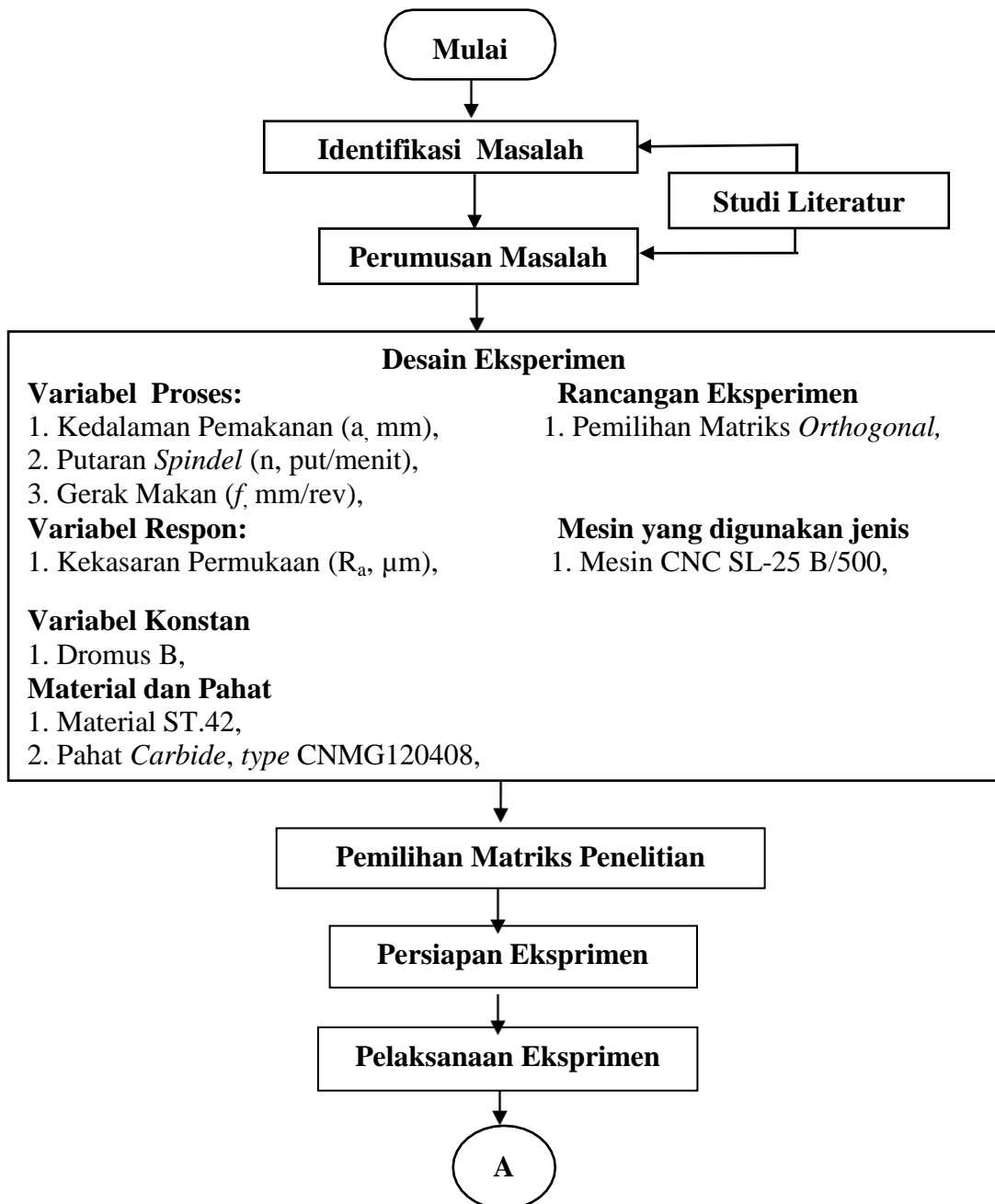
- Hipotesis uji dua variansi adalah :
 $H_0 : \sigma^2 = \sigma_2^2$ maka Tolak H_0 (Homogen)
 $H_1 : \sigma^2 \neq \sigma_2^2$ maka Terima H_0 (Tidak homogen)
- Kriteria penolakan adalah :
 Tolak H_0 : $p\text{-value} > \alpha$ dan $\alpha = 5 \% = 0,05$.
 Terima H_0 : $p\text{-value} < \alpha$ dan $\alpha = 5 \% = 0,05$



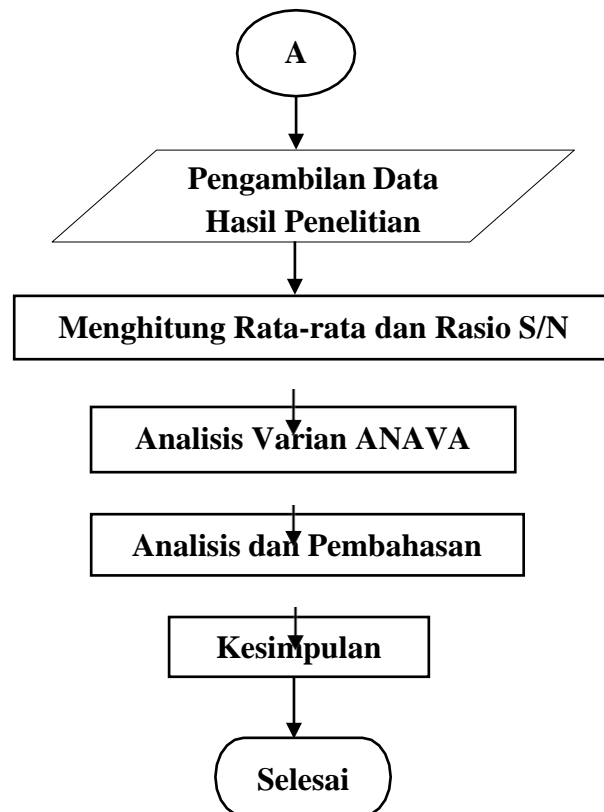
BAB III

METODE PENYELESAIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian (lanjutan)

3.1 Desain Eksperimen

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari hasil eksperimen. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.1.1 Variabel Bebas

variabel bebas yang biasa disebut juga sebagai faktor kontrol merupakan faktor yang dapat dikendalikan dan nilainya dapat ditentukan berdasarkan tujuan dari penelitian yang dilakukan dan pertimbangan yang lain. Faktor kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Kedalaman pemakanan (a, mm)

Kedalaman pemakanan yang dipakai pada penelitian ini yaitu antara range 0,5 mm, 0,7 mm, dan 1 mm, dengan dua tingkatan proses yaitu *facing* benda kerja dan proses *finishing*..

b. Putaran *spindel* (n , put/menit)

Putaran *spindel* yang dipakai pada penelitian ini yaitu besarnya antara 1000 put/menit, 1250 put/menit, dan 1500 put/menit. Penelitian ini dilakukan pada mesin CNC SL- 25 B/500.

c. Gerak makan (f , mm/rev)

Gerak makan yang digunakan pada penelitian ini yaitu besarnya antara 0,5 mm/rev, 1 mm/rev, dan 1,5 mm/rev.

3.1.2 Variabel Respon

Variabel respon merupakan variabel yang besar nilainya tidak dapat ditentukan dan nilainya dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, serta hasil diketahui setelah melaksanakan percobaan, variabel respon yang digunakan pada penelitian ini adalah kekasaran permukaan (R_a , μm).

3.1.3 Variabel Konstan

Variabel konstan merupakan faktor yang tidak diteliti dalam penelitian nilai faktor ini dijaga selalu konstan agar tidak berubah selama percobaan, sehingga tidak mempengaruhi hasil penelitian secara signifikan. Faktor konstan pada penelitian ini adalah dromus B.

3.1.4 Variabel Noise

Variabel *noise* adalah variabel gangguan yang memiliki pengaruh terhadap respon, tetapi sangat sulit untuk dikendalikan. Variabel ini tidak dimasukkan ke dalam rancangan percobaan, sehingga pengambilan data dilakukan dengan replikasi untuk mengatasi pengaruh variabel *noise* pada hasil penelitian.

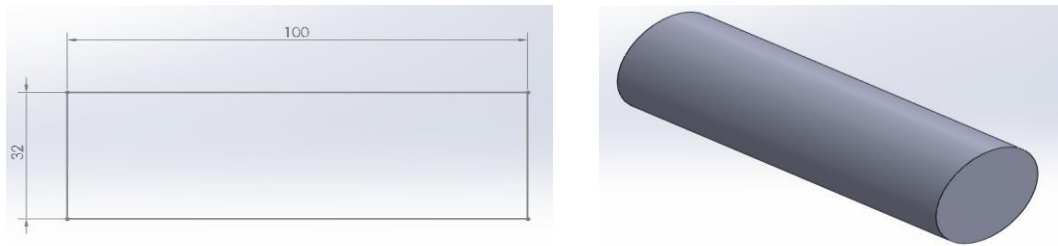
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

Sebelum melakukan dilakukan persiapan-persiapan terhadap benda kerja, pahat, mesin CNC, peralatan pengukuran dan alat bantu yang akan digunakan.

3.2.1 Bahan Penelitian

- **Bahan benda kerja**

Material yang digunakan adalah baja ST.42 dengan dimensi diameter 32 mm, dengan panjang 100 mm. bentuk dan dimensi benda kerja ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bentuk benda kerja dengan ukuran $\varnothing 32$, dan panjang 100 mm

- **Pahat**

Pahat yang digunakan untuk mengerjakan penelitian adalah pahat *carbide* CNMG 120408. Terlihat seperti Gambar 3.3. sedangkan untuk spesifikasi pahat dapat dilihat di Lampiran 9.

$$V_c = 110-160 \text{ mm/min}$$

$$V_c = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot D} \quad (3.1)$$

$$= \frac{110 \times 1000}{\frac{22}{7} \times 32} = 1093 \text{ mm/min} \quad \longrightarrow \text{Minimum}$$

$$V_c = \frac{V_c \times 1000}{\pi \cdot D}$$

$$= \frac{160 \times 1000}{\frac{22}{7} \times 32} = 1590 \text{ mm/min} \quad \longrightarrow \text{Maksimum}$$



Gambar 3.3 Pahat *Carbide* CNMG120408

3.2.2 Mesin CNC *Turning*

Mesin bubut yang digunakan pada proses pengambilan data kekasaran permukaan benda kerja adalah mesin bubut CNC SL-25 B/500 yang ada

dibengkel Mekanik Polman Babel, dapat dilihat dibawah ini Gambar 3.4, adapun data spesifikasi mesin dapat dilihat di Lampiran 8.



Gambar 3.4 Mesin CNC SL-25 B/500

3.2.3 Peralatan Ukur

- *Surface Roughness Tester*

Surface roughness tester digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan dari suatu proses permesinan. *Surface tester* yang digunakan yaitu *Surface roughness tester* dengan kecermatan 0,001 μm dilihat pada Gambar 3.5, sedangkan untuk spesifikasi alat ukur dapat dilihat di Lampiran 10.



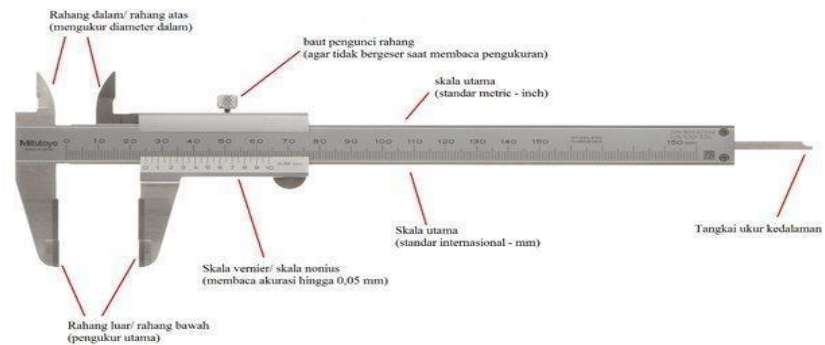
Gambar 3.5 *Surface roughness tester*

3.2.4 Peralatan Bantu

- **Jangka sorong**

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi benda kerja sebelum dan sesudah proses pembubutan CNC. Jangka sorong yang digunakan

pada penelitian ini dengan ketelitian 0,05 mm. dapat ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Jangka sorong, ketelitian 0,05 mm

- **Meja rata**

Meja rata digunakan untuk meletakkan spesimen uji pada saat pengukuran kekasaran permukaan benda kerja.

- **V-block**

V-block digunakan untuk meletakkan benda kerja pada saat proses pengujian kekasaran permukaan.

3.3 Rancangan Percobaan

3.3.1 Setting Variabel Pada Mesin CNC

Penelitian ini diawali dengan pemilihan matriks yang tergantung dari banyaknya variabel Proses dan level dari masing-masing variabel tersebut. terlihat pada Tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Variabel proses dan pengaturan level

Variabel Proses		Level		
		1	2	3
A	Putaran <i>spindel</i> (put/min)	1000	1250	1500
B	Kedalaman pemakanan (mm)	0,5	0,7	1
C	Gerak makan (mm/rev)	0,5	1	1,5

Sumber : Hasil penentuan

3.3.2 Pemilihan Matriks *Orthogonal*

Derajat kebebasan pada matriks *orthogonal* harus bernilai sama atau lebih besar daripada total derajat kebebasan faktor dan level yang telah ditetapkan. Berdasarkan banyaknya variabel bebas dan jumlah level yang ditunjukkan pada Table 3.2, maka dilakukan perhitungan derajat kebebasan untuk menentukan matriks *orthogonal* yang digunakan. Derajat kebebasan faktor dan level disajikan pada Tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Derajat kebebasan faktor dan level

No	Faktor	Jumlah Level (k)	$U_{ff}(K-1)$
1	Putaran <i>Spindel</i> (put/min)	3	2
2	Kedalaman Pemakanan (mm)	3	2
3	Gerak makan (mm/rev)	3	2
Total Derajat Kebebasan			6

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa total derajat kebebasan variabel proses dan level yang digunakan adalah 6, sehingga matriks *orthogonal* yang memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai rancangan percobaan adalah L_9 . Rancangan percobaan matriks *orthogonal* L_9 memiliki 3 kolom dan 9 baris. Rancangan ini dapat digunakan untuk tiga buah variabel bebas. Rancangan percobaan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 dibawah.

Matriks yang digunakan dalam penelitian ini adalah matriks *orthogonal array* yaitu $L_9(3^3)$. Eksperimen dilakukan secara acak dengan kombinasi variabel proses mengacu pada rancangan percobaan yang sesuai dengan matriks *orthogonal*. Pengacakan ini dilakukan dengan menggunakan fasilitas randomisasi bilangan melalui bantuan *software statistik*. Masing – masing kombinasi variabel proses direplikasi sebanyak dua kali untuk mengatasi variabel gangguan (*noise*) yang terjadi selama proses pemotongan berlangsung. Bila data hasil eksperimen dikumpulkan sesuai dengan kombinasi setting variabel yang sejenis, maka susunan data yang akan diperoleh ditunjukkan oleh tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Tabel matriks *orthogonal array* $L_9(3^3)$

No	Parameter			Respon
	Putaran Spindel (put/min)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Gerak makan (mm/put)	Kekasaran Permukaan (μm)
1	1000	0,5	0,5	Y112
2	1000	0,7	1	Y122
3	1000	1	1,5	Y212
4	1.250	0,5	0,5	Y222
5	1.250	0,7	1	Y312
6	1.250	1	1,5	Y322
7	1.500	0,5	0,5	Y412
8	1.500	0,7	1	Y422
9	1.500	1	1,5	Y512
10	1000	0,5	0,5	Y522
11	1000	0,7	1	Y612
12	1000	1	1,5	Y622
13	1.250	0,5	0,5	Y712
14	1.250	0,7	1	Y722
15	1.250	1	1,5	Y812
16	1.500	0,5	0,5	Y822
17	1.500	0,7	1	Y912
18	1.500	1	1,5	Y922

Sumber : Hasil penentuan

3.4 Pelaksanaan Percobaan

Langkah-langkah percobaan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

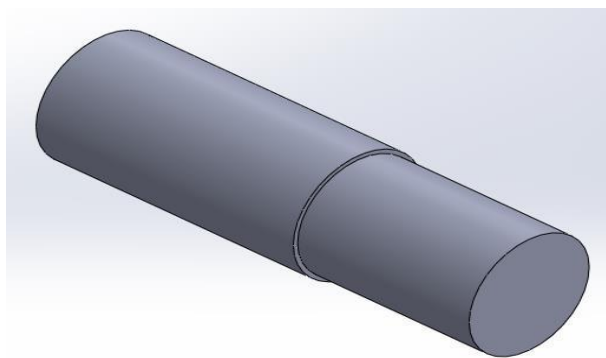
1. Penyiapan benda kerja, meliputi penyesuaian dimensi dan memastikan bahan tersebut bahan ST.42.
2. Persiapan *Tool* yang akan dipakai adalah pahat *carbide* CNMG120408.
3. Pemasangan *Insert* pada *Holder* mesin CNC SL-25B/500
4. Pasang pahat pada rumah pahat mesin bubut CNC SL-25B/500.
5. Membuat program CNC sesuai benda kerja yang akan dikerjakan dengan ketentuan yang sudah divariasikan.
6. Pemasangan benda kerja dan pemograman benda kerja sesuai *setting* kombinasi.
7. Penyetingan mesin CNC SL-25B/500.

8. Memasukkan program yang sudah dibuat sebelumnya pada mesin bubut CNC SL-25B/500.
9. Penyalaaan mesin CNC SL-25B/500 dan penyetingan variabel-variabel proses kemudian masukkan nilai variabel proses pada program mesin CNC untuk penyayatan benda kerja sesuai kombinasi.
10. Proses pembubutan benda kerja sesuai nilai variabel proses pada program untuk penyayatan benda kerja sesuai kombinasi.
11. Matikan mesin bubut CNC.
12. Lepaskan benda kerja pada cekam mesin bubut CNC.
13. Pengujian kekasaran permukaan benda dengan alat uji *surface roughness tester* kerja hasil dari proses bubut CNC.
14. Menganalisis hasil pengujian kekasaran pengukuran dengan metode *taguchi*.

3.5 Pengukuran Dan Pengambilan Data

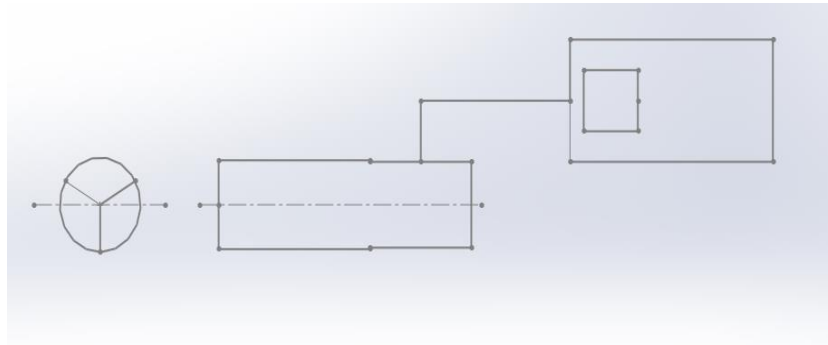
Langkah-langkah dari pengukuran dan pengambilan data kekasaran permukaan pada baja ST.42 dengan menggunakan *Surface Roughness Tester* adalah sebagai berikut:

- a. Benda kerja yang akan diuji dengan *surface roughness tester* ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Benda kerja hasil CNC SL-25 B/500

- b. Proses skema pengukuran benda kerja dengan *surface roughness tester* ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Skema proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja

- c. Pengkalibrasian alat uji *surface roughness tester*, ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Pengkalibrasian alat uji *surface roughness tester*

- d. Benda kerja hasil pemrosesan CNC SL-25B/500 diletakkan pada *V-block* dan meja rata, dimana *Surface Roughness Tester* juga diletakkan pada meja perata atur ketinggian alat uji dengan benda kerja.
- e. Proses pengukuran, Ujung sensor dari *Surface Roughness Tester* disentuhkan pada permukaan benda kerja hasil proses CNC SL-25B/500.
- f. *Surface Roughness Tester* diaktifkan untuk melakukan proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja.
- g. Nilai kekasaran permukaan dapat dilihat pada layar *display Surface Roughness Tester*.
- h. Spesimen uji dibebaskan dari ujung sensor *Surface Roughness Tester* setelah selesai pengukuran dan pengambilan data.

3.6 Menghitung Means/Rata-rata

Pada tahap ini adalah mencari hasil rata-rata dari hasil pengukuran benda kerja. Tujuan dilakukan perhitungan rata-rata untuk mengetahui nilai rata-rata yang paling minimum dari hasil percobaan.

3.7 Menghitung S/N Ratio

Smaller is Better

S/N rasio yang digunakan pada penelitian ini adalah *Smaller is Better*, tujuannya dilakukannya perhitungan S/N rasio untuk mengetahui nilai S/N rasio yang mempengaruhi kekasaran permukaan.

3.8 Analisa Hasil Penelitian

Analisa pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Metode *Taguchi*, dimana akan dilakukan pengumpulan data dan perhitungan, serta pengujian data dengan statistik antara lain analisis *varians*, test hipotesa, serta penerapan rumus-rumus pada data hasil percobaan. Tujuannya untuk mengetahui parameter proses paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.

3.9 Kesimpulan

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



BAB IV

PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan parameter-parameter proses yang terdapat pada mesin CNC SL-25 B/500. Adapun variabel-variabel proses yang diduga berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan adalah putaran *spindel* (n) dengan level nilai 1000 put/min, 1250 put/min, 1500 put/min, Kedalaman Pemakanan (a) dengan level nilai 0,5 mm, 0,7 mm, 1 mm, gerak makan (f) dengan level nilai 0,5 mm/rev, 1 mm/rev, 1,5 mm/rev. Pengolahan data dilakukan dengan desain eksperimen dan pengolahan data menggunakan cara perhitungan eksperimen metode *taguchi* dengan menggunakan *software statistic*. Berikut data hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran uji kekasaran awal

NO	1	2	3	Rata-rata
1	1,326	1,39	1,332	1,349
2	1,456	1,404	1,398	1,419
3	2,427	2,501	2,402	2,443
4	1,003	1,048	1,017	1,023
5	1,442	1,326	1,376	1,381
6	2,604	2,617	2,598	2,606
7	1,080	1,006	1,074	1,053
8	2,244	2,337	2,293	2,291
9	1,183	1,343	1,278	1,268
10	1,335	1,437	1,348	1,373
11	1,396	1,392	1,387	1,392
12	2,321	2,372	2,352	2,348
12	1,170	1,141	1,152	1,154
14	1,326	1,357	1,314	1,332
15	2,695	2,545	2,608	2,616
16	1,193	1,250	1,208	1,217
17	2,275	2,371	2,243	2,296
18	1,233	1,398	1,304	1,312

Sumber : Hasil perhitungan dan pengukuran

4.2 Analisis Varians Taguchi

4.2.1 Perhitungan Mean Terhadap Respon

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

$$\bar{A}_{eks} = \frac{\sum_{i=1}^2 \gamma_i}{2} \quad (4.1)$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Data hasil perhitungan pengukuran kekasaran

Matriks <i>Orthogonal L₉</i> (3 ³)							
Eksperimen	Parameter			Replikasi		Mean	Jumlah
	Putaran spindel (put/min)	Kedalaman pemakanan (mm)	Gerak makan (mm/rev)	1	2		
1	1	1	1	1,349	1,373	1,361	2,723
2	1	2	2	1,419	1,392	1,406	2,811
3	1	3	3	2,443	2,348	2,396	4,792
4	2	1	2	1,023	1,154	1,089	2,177
5	2	2	3	1,381	1,332	1,357	2,714
6	2	3	1	2,606	2,616	2,611	5,222
7	3	1	3	1,053	1,217	1,135	2,270
8	3	2	1	2,291	2,296	2,294	4,588
9	3	3	2	1,268	1,312	1,290	2,580
Rata-rata						1,660	3,320

Sumber : Hasil perhitungan dan pengukuran

Tabel 4.3 Data hasil pengukuran kekasaran dengan *software statistic*

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	PUTARAN SPINDEL	KEDALAMAN PEMAKANAN	GERAK MAKAN	REPLIKASI 1	REPLIKASI 2	Rata-rata	S/N
1	1000	0,5	0,5	1,349	1,373	1,361	-2,680
2	1000	0,7	1,0	1,419	1,392	1,405	-2,957
3	1000	1,0	1,5	2,443	2,348	2,396	-7,591
4	1250	0,5	1,0	1,023	1,154	1,089	-0,752
5	1250	0,7	1,5	1,381	1,332	1,357	-2,652
6	1250	1,0	0,5	2,606	2,616	2,611	-8,337
7	1500	0,5	1,5	1,053	1,217	1,135	-1,124
8	1500	0,7	0,5	2,291	2,296	2,294	-7,211
9	1500	1,0	1,0	1,268	1,312	1,290	-2,212

Sumber : Hasil perhitungan *software statistic*

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

Tabel 4.4 Respon parameter terhadap mean

**Taguchi Analysis : Replikasi 1: Replikasi 2 versus putaran *spindel*,
kedalaman pe: gerak makan;**

Smaller is Better

Response Table for Means

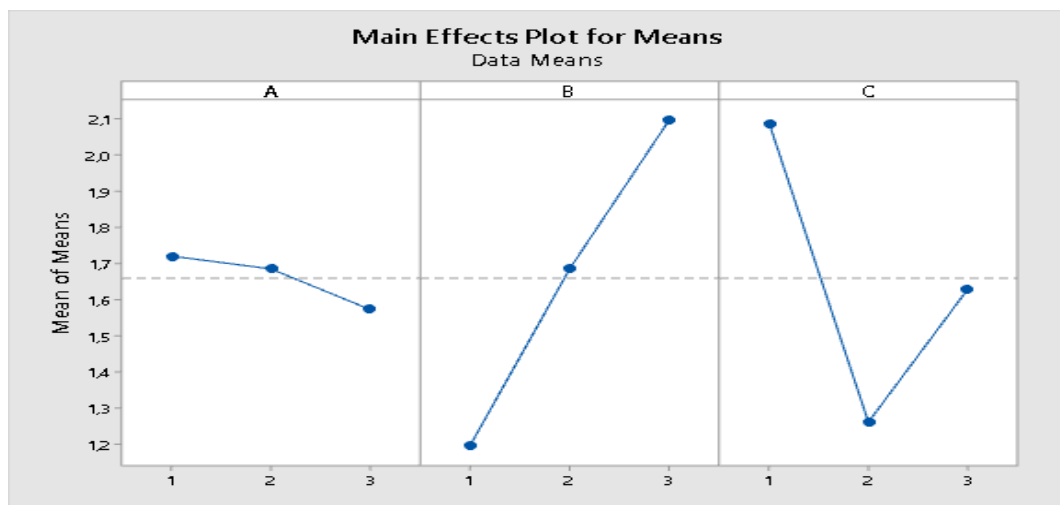
	putaran Level <i>spindel</i>	kedalaman pemakanan	gerak makan
1	1,721	1,195	2,088
2	1,685	1,685	1,261
3	<u>1,573</u>	<u>2,099</u>	<u>1,629</u>
Delta	0,148	0,904	0,827
Rank	3	1	2

Sumber : hasil perhitungan *software statistic*

Dari Tabel 4.4 rata-rata respon tiap parameter dapat ditentukan *rank* atau peringkat parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Urutan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan dengan selisih nilai yaitu 0,904 mm, gerak makan dengan

selisih nilai yaitu 0,827 mm/rev, dan terakhir yang memiliki pengaruh paling kecil adalah putaran *spindel* dengan selisih nilai yaitu 0,148 put/min.

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan grafik untuk memperlihatkan kekasaran permukaan yang terkecil pada masing-masing level untuk setiap parameter terhadap nilai rata-rata yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1 Grafik kekasaran rata-rata untuk setiap level dan parameter

4.2.2 Perhitungan Level *Means* 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 (Putaran *Spindel*) :

$$A1 = 1/3 (1,361+ 1,406+2,396) = 1,721$$

$$A2 = 1/3 (1,089+1,357+2,611) = 1,686$$

$$A3 = 1/3 (1,135+2,294+1,290) = 1,573$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor B (Kedalaman Pemakanan) :

$$B1 = 1/3 (1,361+1,089+1,135) = 1,195$$

$$B2 = 1/3 (1,406+1,357+2,294) = 1,685$$

$$B3 = 1/3 (2,396+2,611+1,290) = 2,099$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor C (Gerak Makan) :

$$C1 = 1/3 (1,361+2,611+2,294) = 2,089$$

$$C2 = 1/3 (1,406+1,089+1,290) = 1,261$$

$$C3 = 1/3 (2,396+1,357+1,135) = 1,629$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari pengaruh faktor terhadap respon kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.5 Respon rata-rata hasil pengukuran kekasaran permukaan

Respon rata-rata dari pengaruh parameter			
Level	A	B	C
Level 1	1,721	1,195	2,089
Level 2	1,686	1,685	1,261
Level 3	1,573	2,099	1,629
Selisih	0,148	0,904	0,827
Peringkat	3	1	2

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 kedalaman pemakanan pemakanan dengan selisih nilai yaitu 0,904 mm, kedua gerak makan dengan selisih nilai yaitu 1,216 mm/rev, dan yang memiliki pengaruh paling kecil adalah putaran *spindel* dnegan selisih nilai yaitu 0,148 put/min.

4.2.3 Analisis Varian Rata-rata/*Means*

Sebagaimana faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kekasaran permukaan, maka untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikansi terhadap nilai rata-rata juga dapat dilakukan *analysis of variance*. *Analysis of variance* yang berpengaruh pada masing-masing parameter terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 Hasil anava

General Linear Model : S/N versus putaran *spindel*; kedalaman pemakanan; gerak makan

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
a	Fixed	3	1000; 1250; 1500
b	Fixed	3	0,5; 0,7; 1,0
c	Fixed	3	0,5; 1,0; 1,5

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	0,03581	0,01790	0,07	0,937
B	2	1,22863	0,61431	2,29	0,304
C	2	1,03132	0,51566	1,92	0,342
Error	2	0,53713	0,26856		
Total	8	2,83288			

Sumber : Hasil perhitungan *software statistic*

Berdasarkan Tabel 4.6 Hasil anova didapatkan keputusan uji hipotesis dengan distribusi F_{value} dapat dilihat pada Tabel 4.7 dibawah ini :

Tabel 4.7 Keputusan uji

Komparasi terhadap respon	F-value	F-tabel (0,05;2;8)	Keputusan uji
Putaran <i>spindel</i>	0,07		Gagal ditolak
Kedalaman Pemakanan	2,29	4,46	Gagal ditolak
Gerak Makan	1,92		Gagal ditolak

Sumber : Hasil perhitungan

Kesimpulan :

Karena nilai F-value lebih kecil dari F-tabel maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh yang signifikan pada ketiga parameter tersebut terhadap kekasaran permukaan.

4.2.4 Persen Kontribusi Rata-rata/Mean

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing parameter, maka SS' dihitung seperti pada rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_E(V_A) \\ &= 0,036 - 0,269 \quad (2) \\ &= -0,501 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\ &= 1,299 - 0,269 \quad (2) \\ &= 0,691 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_C &= SS_C - MS_E(V_C) \\ &= 1,031 - 0,269 \quad (2) \\ &= 0,494 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\ &= 2,833 - (-0,501) - 0,691 - 0,494 \\ &= 2,149 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \rho_A &= \frac{-0,501}{2,833} \times 100\% \\ &= -17,70\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_B &= \frac{0,691}{2,833} \times 100\% \\ &= 24,41\% \end{aligned}$$

$$\rho_C = \frac{0,494}{2,833} \times 100\%$$

$$= 17,44\%$$

$$\rho E = \frac{2,149}{2,833} \times 100\%$$

$$= 75,84 \%$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini :

Tabel 4.8 Persen kontribusi

Sumber	V	SS	MS	SS'	ρ %
A	2	0,036	0,018	- 0,501	-17,70%
B	2	1,299	0,614	0,691	24,41%
C	2	1,031	0,56	0,494	17,44%
Error	2	0,537	0,269	2,149	75,84%
Total	8	2,833	-		100,00%

Sumber : Hasil perhitungan

Dari tabel 4.8 perhitungan persen kontribusi parameter di atas menunjukkan bahwa faktor kedalaman pemakanan memiliki kontribusi yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan parameter gerak makan dan putaran *spindel* yaitu sebesar 24,41%.

4.3 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*), dapat dilihat seperti rumus dibawah ini:

$$S/N = -10 \log\left[\frac{1}{2} [Y_i^2]\right] \quad (4.2)$$

Dimana

Y_i = nilai kekasaran permukaan benda hasil pengamatan

N = jumlah replikasi (pengulangan)

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:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (1,349^2 + 1,373^2) \right) = -2,680$$

- Pada eksperimen ke 2:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (1,419^2 + 1,392^2) \right) = -2,957$$

- Pada eksperimen ke 3:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (2,443^2 + 2,348^2) \right) = - 7,591$$

- Pada eksperimen ke 4:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (1,023 + 1,154^2) \right) = - 0,752$$

- Pada eksperimen ke 5:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (1,381^2 + 1,332^2) \right) = -2,652$$

- Pada eksperimen ke 6:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (2,606^2 + 2,616^2) \right) = - 8,337$$

- Pada eksperimen ke 7:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (1,053^2 + 1,217^2) \right) = - 1,124$$

- Pada eksperimen ke 8:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (2,291^2 + 2,296^2) \right) = - 7,211$$

- Pada eksperimen ke 9:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (1,268^2 + 1,312^2) \right) = -2,212$$

Tabel 4.9 Hasil perhitungan Rasio S/N untuk respon

No	Parameter			Nilai Kekasaran Permukaan		
	Putaran <i>Spindel</i> (put/mm)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Gerak Makan (mm/rev)	Replikasi 1	Replikasi 2	S/N
1	1	1	1	1,349	1,373	-2,680
2	1	2	2	1,419	1,392	-2,957
3	1	3	3	2,443	2,348	-7,591
4	2	1	2	1,023	1,154	-0,752
5	2	2	3	1,381	1,332	-2,652
6	2	3	1	2,606	2,616	-8,337
7	3	1	3	1,053	1,217	-1,124
8	3	2	1	2,291	2,296	-7,211
9	3	3	2	1,268	1,312	-2,212
Rata-rata						-3,946

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 4.10 dibawah ini:

Tabel 4.10 Respon rasio S/N parameter terhadap mean

Taguchi Analysis : Replikasi 1: Replikasi 2 versus putaran *spindel*,

kedalaman pe: gerak makan;

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

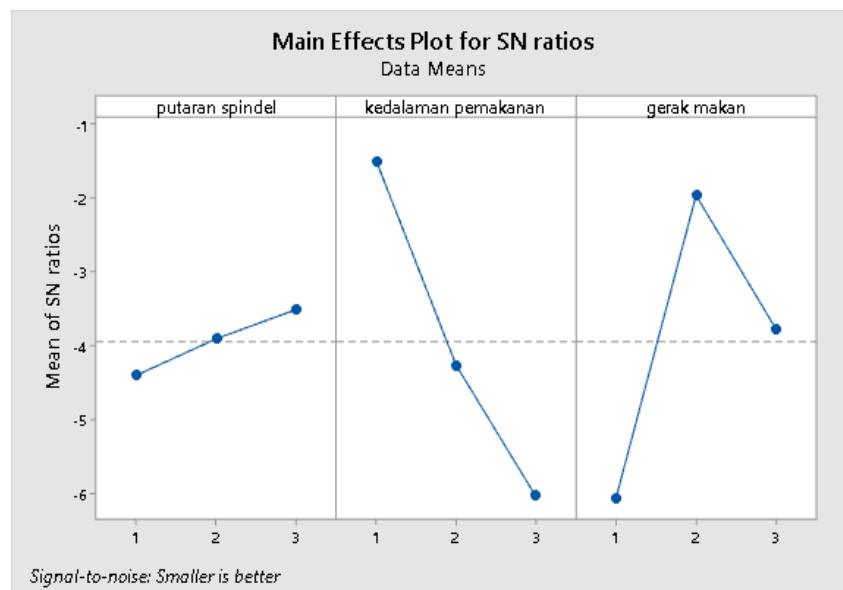
Level	putaran <i>spindel</i>	kedalaman pemakanan	gerak makan
1	-4,408	-1,517	-6,075
2	-3,913	-4,272	-1,974
3	<u>-3,515</u>	<u>-6,046</u>	<u>-3,787</u>
Delta	0,893	4,529	4,100
Rank	3	1	2

Sumber : Hasil perhitungan *software statistic*

Dari Tabel 4.10 didapatkan nilai rasio S/N 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 kedalaman pemakanan dengan selisih nilai yaitu

4,529 mm, kedua gerak makan dengan selisih nilai yaitu 4,100 mm/rev, dan terakhir yang memiliki pengaruh paling kecil adalah putaran *spindel* dengan selisih nilai yaitu 0,893 put/min.

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



Gambar 4.2 Grafik respon rasio S/N untuk masing-masing level tiap parameter

Berdasarkan Gambar 4.2 garfik 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 minimal. Kombinasi parameter-parameter proses respon minimal dapat dilihat pada Tabel 4.11 dibawah ini :

Tabel 4.11 Respon rasio S/N parameter terhadap hasil kekasaran permukaan

Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Putaran <i>spindel</i>	Level 2	1250 put/min
Kedalaman Pemakanan	Level 1	0,5 mm
Gerak Makan	Level 2	1 mm/rev

Sumber : Hasil perhitungan

4.3.1 Perhitungan Level Nilai Rasio S/N Terhadap Respon

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

- Perhitungan Rasio S/N untuk faktor A (putaran *spindel*) adalah :

$$A1=1/3(-2,680+(-2,957)+(-7,591)) = -4,409$$

$$A2=1/3(-0,752)+(-2,652)+(-8,337) = -3,914$$

$$A3=1/3(-1,124) + (-7,211)+ (-2,212) = -3,516$$

- Perhitungan Rasio S/N untuk faktor B (kedalaman pemakanan) adalah:

$$B1=1/3(-2,680) + (-0,752) + (-1,124) = -1,519$$

$$B2 = 1/3 (-2,957)+(-2,652) +(-7,211) = -4,273$$

$$B3=1/3(-7,591)+(-8,337) +(-2,212) = -6,046$$

- Perhitungan Rasio S/N untuk faktor C (gerak makan) adalah:

$$C1 = 1/3 (-2,680)+ (-8,337)+ (-7,211) = -6,076$$

$$C2=1/3(-2,957)+ (-0,752) +(-2,212) = -1.974$$

$$C3=1/3(-7,591)+(-2,652)+(-2,212) = -4,152$$

Untuk ketiga parameter utama yang diamati yaitu Putaran *spindel*, kedalaman pemakanan dan gerak makan pengaruh parameternya dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini :

Tabel 4.12 Respon rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh parameter

Rasio S/N dari pengaruh parameter			
Level	A	B	C
Level 1	-4,409	-1,519	-6,076
Level 2	-3,914	-4,273	-1.974
Level 3	-3,516	-6,046	-4,152
Selisih	-0,894	-4,528	-4,102
Peringkat	3	1	2

Sumber : Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.12 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 kedalaman pemakanan dengan selisih nilai yaitu -4,528 mm, gerak makan dengan selisih nilai yaitu -4,102 mm/rev, dan yang terakhir yang memiliki pengaruh paling kecil adalah putaran *spindel* dengan selisih nilai yaitu -0,894 put/min.

4.3.2 Analisis Varian Rasio S/N

Sebagaimana faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kekasaran permukaan, maka untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikansi terhadap nilai rasio S/N juga dapat dilakukan *analysis of variance*. *Analysis of variance* yang berpengaruh pada masing-masing parameter terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.13 dibawah ini :

Tabel 4.13 Hasil anava

General Linear Model : S/N versus putaran *spindel*; kedalaman pemakanan; gerak makan

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Putaran <i>spindel</i>	Fixed	3	1; 2; 3
Kedalaman pemakanan	Fixed	3	1; 2; 3
Gerak makan	Fixed	3	1; 2; 3

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Putaran <i>spindel</i>	2	1,201	0,6003	0,11	0,900
Kedalaman pemakanan	2	31,247	15,6234	2,88	0,258
Gerak makan	2	25,333	12,6663	2,33	0,300
Error	2	10,865	5,4327		
Total	8	68,645			

Sumber : Hasil perhitungan *software statistic*

Berdasarkan Tabel 4.10 Hasil anova didapatkan keputusan uji hipotesis dengan distribusi F_{value} dapat dilihat pada Tabel 4.14 dibawah ini :

Tabel 4.14 Keputusan uji

Komparasi terhadap respon	F-value	F-tabel (0,05;2;8)	Keputusan uji
Putaran <i>spindel</i>	0,11		Gagal ditolak
Kedalaman Pemakanan	2,88	4,46	Gagal ditolak
Gerak Makan	2,33		Gagal ditolak

Sumber : Hasil perhitungan

Kesimpulan :

Karena nilai F-value lebih kecil dari F-tabel maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh yang signifikan pada ketiga parameter tersebut terhadap kekasaran permukaan.

4.3.3 Persen Kontribusi Rasio S/N

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

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_E(V_A) \\ &= 1,202 - (5,471)(2) \\ &= -9,740 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\ &= 31,235 - (5,471)(2) \\ &= 20,845 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_C &= SS_C - MS_E(V_C) \\ &= 25,273 - (5,471)(2) \\ &= 14,409 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\ &= 68,653 - (-9,740) - 20,845 - 14,409 \\ &= 43,139 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \rho A &= \frac{-9,740}{68,653} \times 100\% \\ &= -14,187\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho B &= \frac{20,845}{68,653} \times 100\% \\ &= 30,363\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho C &= \frac{14,409}{68,653} \times 100\% \\ &= 20,988\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho E &= 68,653 \times 100\% \\ &= 62,836\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 4.10 dibawah ini :

Tabel 4.15 Persen kontribusi rasio S/N

Sumber	V	SS	MS	SS'	ρ %
A	2	1,202	0,601	-9,740	- 14,187%
B	2	31,235	15,617	20,845	30,363%
C	2	25,273	12,636	14,409	20,988%
Error	2	10,943	5,471	43,139	62,836%
Total	8	68,653	-		100,000%

Sumber : Hasil perhitungan

Dari tabel perhitungan kontribusi parameter di atas menunjukkan bahwa parameter kedalaman pemakanan memiliki kontribusi yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan parameter gerak makan dan putaran *spindel* yaitu sebesar 30,363%.

4.4 Uji Normalitas

- Hipotesis uji kenormalan data adalah :
 H_0 : data berdistribusi normal (maka Terima H_0)
 H_1 : data tidak berdistribusi normal (maka Tolak H_0)
- Kriteria penolakan adalah :
 Tolak H_0 : $F\text{-value} > F\text{-tabel}$ α dan $\alpha = 5 \% = 0,05$.
 Terima H_0 : $p\text{-value} < F\text{-tabel}$ α dan $\alpha = 5 \% = 0,05$

Tabel 4.16 Hasil uji normalitas

Respon	P-value	Kondisi	Data
Replikasi 1	0,012	Gagal ditolak	Berdistribusi normal
Replikasi 2	0,002	Gagal ditolak	Berdistribusi normal

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan kriteria penolakan, hasil uji normalitas untuk respon kedua replikasi ditunjukkan pada lampiran 5, dimana nilai replikasi 1 $P\text{-value}$ sebesar = $0,012 < F\text{-tabel} = 0,05$ dan nilai replikasi 2 $P\text{-value}$ sebesar = $0,002 < F\text{-tabel} = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua data tersebut berdistribusi normal.

4.5 Uji Dua Variansi (Homogenitas)

- Hipotesis uji dua variansi adalah :
 $H_0 : \sigma^2 = \sigma_2^2$ maka Tolak H_0 (Homogen)
 $H_1 : \sigma^2 \neq \sigma_2^2$ maka Terima H_0 (Tidak homogen)
- Kriteria penolakan adalah :
 Tolak H_0 : $p\text{-value} < F\text{-tabel}$ α dan $\alpha = 5 \% = 0,05$.
 Terima H_0 : $p\text{-value} > F\text{-tabel}$ α dan $\alpha = 5 \% = 0,05$

- Kesimpulan

Tabel 4.17 Hasil Uji Dua Varian

Respon	P-value	Kondisi H_0	Variansi
Kekasaran permukaan (μm)	0,780	Gagal ditolak	sama

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan kriteria penolakan, hasil uji dua variansi untuk respon kekasaran permukaan ditunjukkan pada lampiran 4, dimana nilai $P_{\text{-value}}$ sebesar $= 0,780 > F_{\text{-tabel}} = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data variansi tersebut sama atau Homogen.

4.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya, maka diketahui bahwa kombinasi faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata dan kekasaran permukaan minimum adalah sama yaitu putaran *spindel* 1250 put/min, kedalaman pemakanan 0,5 mm, gerak makan 1 mm/rev.

4.7 Analisa

Nilai $F_{\text{-hitung}}$ Rata-rata Sebesar $2,29 \text{ mm} < F_{\text{-tabel}}$ dan nilai $F_{\text{-hitung}}$ Rasio S/N sebesar $2,88 \text{ mm} < F_{\text{-tabel}}$, mengindikasikan bahwa Kedalaman pemakanan tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan minimum. Dibandingkan dengan nilai $F_{\text{-hitung}}$ Putaran *spindel* Rata-rata Sebesar 0,07 put/min dan $F_{\text{-hitung}}$ Putaran *Spindel* Rasio S/N sebesar 0,11 put/min, serta dibandingkan dengan nilai $F_{\text{-hitung}}$ Gerak makan Rata-rata sebesar 1,92 mm/rev dan nilai $F_{\text{-hitung}}$ Gerak makan Rasio S/N sebesar 2,33 mm/rev, dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan 4.14 diatas.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan, dan analisis yang telah dilakukan, maka dari penelitian ini yang berjudul “Analisis Kekasaran Permukaan Pada Proses CNC *Turning* Pada Material Baja ST.42 Menggunakan Metode *Taguchi*” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Setting kombinasi level variabel-variabel proses yang tepat pada CNC SL-25B/500, sehingga didapatkan respon kekasaran permukaan yang minimal adalah sebagai berikut :
 - a. Putaran *Spindel* diatur sebesar 1250 put/min.
 - b. Kedalaman Pemakanan diatur sebesar 0,5 mm.
 - c. Gerak Makan diatur sebesar 1 mm/rev.

2. Persen kontribusi dari variabel-variabel proses dalam mengurangi variasi respon kekasaran permukaan benda kerja adalah sebagai berikut :
 - a. Putaran *Spindel* memiliki kontribusi terbesar, sebesar 17,70 %
 - b. Kedalaman Pemakanan memiliki persen kontribusi, sebesar 24,41 %
 - c. Gerak Makan memiliki persen kontribusi, sebesar 17,44 %

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metode Analisis dalam penelitian ini menggunakan metode *taguchi*. Pada penelitian selanjutnya, dapat dikembangkan dengan metode lainnya.

2. Untuk parameter Kedalaman Pemakanan dapat dikembangkan pada percobaan selanjutnya dengan level *range* 2 mm, 2.5 mm, 3 mm atau lebih tinggi lagi.



DAFTAR PUSTAKA

- Anshori Mohammad, (2018), “Analisis Perbandingan Kekasaran Permukaan Pada Proses *Turning*”, Universitas Islam Malang.
- Ilham Ansharil, (2017), “Pengaruh Air Hujan Dan Air Laut Terhadap Tingkat Karat Dan Laju Korosi Pada Baja ST.42”, Universitas Muhammadiyah Malang.
- K Sutrisna, I N Pasek Nugraha, dan K Rihendra Dantes, (2017), “Pengaruh Variasi Kedalaman Potong Dan Kecapatan Putar Mesin Bubut Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Bahan Baja ST.37”, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha.
- Marsyahyo, Eko, (2003), ”Mesin Perkakas Pemotongan Logam”. Malang : Toga.
- Mohamad Miftakhul Rozak, dan Iswanto, (2017), “Analisa Pengaruh Gerak Makan Dan Putaran *Spindel* Terhadap Keausan Pahat Pada Proses Bubut Konvensional”, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Nevada J.M.Nanulaitta, dan Eka R.M.A.P. Lilipaly, (2012), “Analisa Sifat Kekerasan Baja ST 42 Dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalistor (Tulang Sapi (C_aCO₃) Melalui Proses Pengarbonan Padat (*Pack Carburizing*)”, Politeknik Negeri Ambon.
- Rochim, T, (2001), ”Proses Pemesinan, Institut Teknologi Bandung”, Bandung.
- Rugayyah Sitti, (2020), “Analisis Pengaruh Pendingin Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Material ST.42”, Universitas Negeri Makassar.
- Said Afreza, (2017), “Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Pembubutan Baja ST.42 Dengan menggunakan Metode *Taghuci*”, Laporan Akhir Proyek Akhir, Universitas Negeri Bangka Belitung.
- Soejanto, I., (2009), “Desain Eksperimen Dengan Metode *Taguchi*”, Yogyakarta : Graha Ilmu.

Zaldy Kurniawan, Eko Yudo, dan Ridho Rosmansyah, (2018), “Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Material Amutit Dengan Proses CNC *Turning* Menggunakan Desain *Taguchi*”, Jurusan Teknik Meisn, Politeknik Negeri Manufaktur Bangka Belitung.



Lampiran 1

Curriculum Vitae
Mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri
Bangka Belitung



Informasi Pribadi :

Nama : Hermansyah Rhomadan
NPM : 1041711
TTL : Tempilang, 03 Januari 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Prodi/Jurusan/kelas : D-IV/Teknik Mesin dan Manufaktur/4 TMM A
Alamat : Tempilang Utara II, RT 006/RW 004

Nama Orang Tua

Ayah : Hasanudin
Ibu : Juriati
No.Handpone : 082175416905
Email : sandicowok121@gmail.com
Golongan Darah : B+

Lampiran 2

Data Hasil Pengukuran Uji Kekasaran Benda kerja

Tabel Pengukuran kekasaran permukaan hasil percobaan

N0	1	2	3	Rata-rata
1	1,326	1,39	1,332	1,349
2	1,456	1,404	1,398	1,419
3	2,427	2,501	2,402	2,443
4	1,003	1,048	1,017	1,023
5	1,442	1,326	1,376	1,381
6	2,604	2,617	2,598	2,606
7	1,080	1,006	1,074	1,053
8	2,244	2,337	2,293	2,291
9	1,183	1,343	1,278	1,268
10	1,335	1,437	1,348	1,373
11	1,396	1,392	1,387	1,392
12	2,321	2,372	2,352	2,348
12	1,170	1,141	1,152	1,154
14	1,326	1,357	1,314	1,332
15	2,695	2,545	2,608	2,616
16	1,193	1,250	1,208	1,217
17	2,275	2,371	2,243	2,296
18	1,233	1,398	1,304	1,312

Sumber : Hasil perhitungan dan pengukuran

Lampiran 3

Hasil Perhitungan Kekasaran Permukaan

Tabel Hasil perhitungan kekasaran permukaan

Seting variabel, kombinasi ke	Parameter Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan		Rata-Rata Ra (μm)
	Putaran <i>spindel</i> (Rpm)	Kedalaman pemakanan (mm)	Gerak makan (mm/put)	Ra Replikasi 1	Ra Replikasi 2	
1	1000	0,5	0,5	1,349	1,373	1,361
2	1000	0,7	1	1,419	1,392	1,406
3	1000	1	1,5	2,443	2,348	2,396
4	1250	0,5	1	1,023	1,154	1,089
5	1250	0,7	1,5	1,381	1,332	1,357
6	1250	1	0,5	2,606	2,616	2,611
7	1500	0,5	1,5	1,053	1,217	1,135
8	1500	0,7	0,5	2,291	2,296	2,294
9	1500	1	1	1,268	1,312	1,290
Rata-rata						1,660

Sumber : Hasil perhitungan

Lampiran 4

Hasil Uji Homogenitas *Software Statistik* Tabel Hasil Uji homogenitas *software statistik*

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.080	1	16	.780

Sumber : Hasil perhitungan *software statistik*

Lampiran 5

Hasil Uji Normalitas *Software Statistik*

Tabel Hasil uji normalitas *Software Statistik*

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
replikasi_1	.311	9	.012	.828	9	.042
replikasi_2	.354	9	.002	.777	9	.011

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber : Hasil perhitungan *software statistik*

Lampiran 6

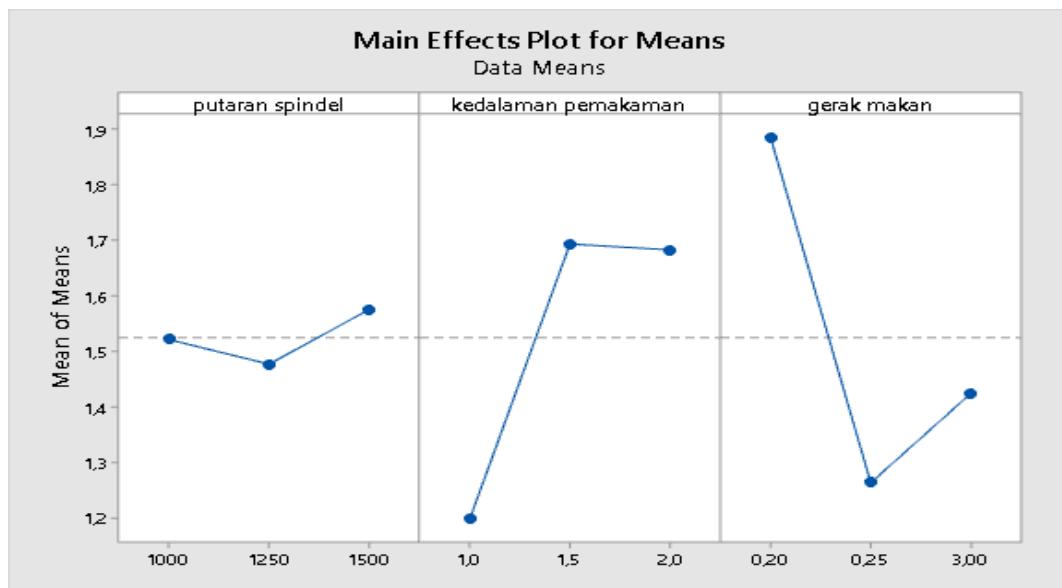
Analisis Variabel Respon Individu Rata-rata

Tabel Analisis variansi rata-rata dan persen kontribusi respon kekasaran permukaan

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Sum of square	Mean of square	F	Kontribusi (%)
A	2	0,036	0,018	0,067	-17,70%
B	2	1,299	0,614	2,287	24,41%
C	2	1,031	0,56	1,920	17,44%
Error	2	0,537	0,269		75,84%
Total	8	2,833	-		99,993%

Sumber : Hasil pengukuran dan perhitungan



Gambar grafik hasil rata-rata/mean menggunakan *software statistik*

Lampiran 7

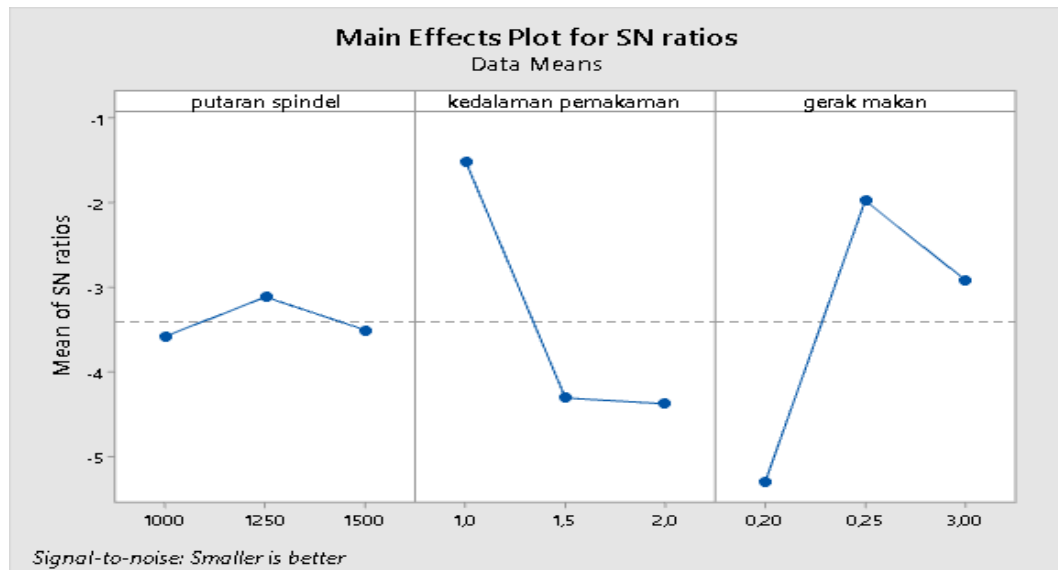
Analisis Variabel Respon Individu S/N Rasio

Tabel Analisis variansi S/N dan persen kontribusi respon kekasaran permukaan

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Sum of square	Mean of square	F	P	Kontribusi (%)
A	2	1,202	0,601	0,110	0,07	- 14,187%
B	2	31,235	15,617	2,854	2,15	30,363%
C	2	25,273	12,636	2,310	2,80	20,988%
Error	2	10,943	5,471			62,836%
Total	8	68,653	-			100,000%

Sumber : Hasil pengukuran dan perhitungan



Gambar grafik hasil rasio S/N menggunakan *software statistik*

Lampiran 8

Tabel Spesifikasi Mesin CNC SL-25 B/500

<i>SL Series</i>		SL-25 B/500
<i>Capacity</i>	<i>Swing over ded</i>	520(20.47)
	<i>Swing over cross slide</i>	350(13.78)
	<i>Distance between centers</i>	625(24.61)
	<i>Maximum turning diameter</i>	260(10.24)
	<i>Maximum turning length</i>	530(20.87)
	<i>Bar work capacity</i>	68(2.6)
<i>Travel</i>	<i>X-axis travel</i>	160<30 + 130> (6.30<1.2+5.1>)
	<i>Z-axis travel</i>	590(23.2)
<i>Spindle</i>	<i>Spindle speed range</i>	35-292-3500
	<i>Numbers spindle speed ranges</i>	1
	<i>Type of spindle nose</i>	Jls A ₂ -6
	<i>Through spindle hole diameter</i>	80(3.1)
	<i>Minimum spindle indexing angle</i>	-
	<i>Spindle bearing iner diameter</i>	130(5.12)
<i>Turret</i>	<i>Number of turrets</i>	1
	<i>Type of turet</i>	10 st.
	<i>Number of tools on turret</i>	10
	<i>Square shank height of tool</i>	25(1)
	<i>Shank diameter of boring bar</i>	Max. 50(2)
<i>Feedrate</i>	<i>Rapid treverse rate</i> mm/min (ipm)	X: 1200(472.44) Z: 15000 (590.55)
	<i>Feed per revolution</i>	X:0.001-342 Z:0.001-428
	<i>Jog feedrate</i> mm/min (ipm)	X,Z:0-1260(0-50)<15steps>
<i>Tailstock</i>	<i>Tailstock travel</i>	491(19.33)
	<i>Tailstock spindle diameter</i>	110(4.33)
	<i>Taper hole of tail stock spindle</i>	MT5<live center>
	<i>Tailstock spindle travel</i>	100(3.94)
<i>Motors</i>	<i>Spindle dirve motor (30 min/cont)</i> kW (HP)	15/11(20/15)[18.5/15(25/20)]
	<i>Feed motors</i> kW (HP)	X: 0.9(1.21) Z: 1.8(2.41)
	<i>Hydraulic pump motor</i> (HP)	1.5(2)
	<i>Lubricant pump motor</i> (HP)	0.017(0.02)
	<i>Coolant pump motor</i> kW	0.52(0.70)

	(HP)		
<i>Power sources</i>	<i>Electrical power suplay (continuous rating)</i>	kVA	26[34] MSD-516ll: 27 [34]
	<i>Compressed air suplay</i>		-
	<i>Mpa</i>	<i>(psi),</i>	
	<i>L/min(gpm)</i>		
	<i>Hydraulic oil tank capacity (gal.)</i>	L	39(10.30)
	<i>Lubricant tank capcity (gal.)</i>	L	2(0.53)
	<i>Coolant tank capacity (gal.)</i>	L	100(26.40)
<i>Machine size</i>	<i>Machine height</i>		1930(75.98)
	<i>Floor space</i>		3033 × 1647 [MSD-516: 1621] (119.41 × 64.84 [63.82])
	<i>Mass of machine (lb.)</i>	kg	4200(9240)
<i>Force dan Diameter</i>	<i>Clamping force of turret (lbf)</i>	N (kgf)	28440{2900}(6380)<at 3.4 Mpa {35 kgf/cm ² }>
	<i>Coupling diameter</i>		210(8.27)
	<i>Ball screw diameter <pitch></i>		X: 28 (1.10)<6> Z: 40(1.57)<10>
	<i>Thrust force of tailstock (lbf)</i>	N (kgf)	9880 {1000} (2000) <at 3.4 MPa {35 kgf/cm ² }>
	<i>Clamping force of tail stock (lbf)</i>	N (kgf)	Manual: 107910 {11000} (24200), [Automatic: 65720 {6700} (14740)] <at 3.4 MPa {35 kgf/cm ² }>

Lampiran 9

Tabel spesifikasi *insert* CNMG 120408

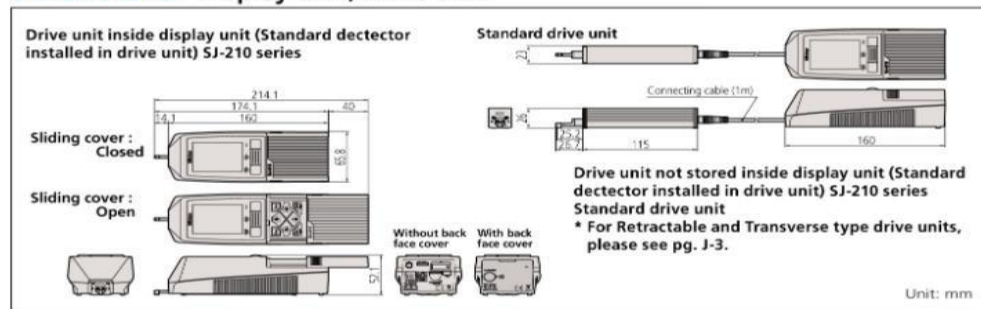
Work Material	Hardness	Grade	Cutting Speed (SFM)	Feed (IPR)	Depth of Cut (inch)
Carbon Steel • Alloy Steel (AISI 1045, AISI 4140)	180 280HB	MC6015	590–1015	.010–.024	.060–.237
		UE6110	590–1015	.010–.024	.060–.237
		UE6110	590–1015	.010–.024	.060–.237
		MC6025	590–820	.020–.050	.118–.433
		UE6020	410–670	.028–.052	.158–.473
		UE6110	525–900	.016–.048	.079–.394
		MC6025	755–1230	.003–.010	.004–.040
		UE6110	755–1280	.004–.008	.008–.040
		UE6020	705–1165	.004–.008	.008–.040
		MC6025	690–1115	.004–.016	.012–.079
		UE6020	655–1065	.004–.016	.012–.079
		UE6020	655–1065	.004–.016	.012–.079
		MC6025	620–1015	.007–.020	.012–.158
		US735	625–1015	.008–.020	.012–.157
		UE6020	590–970	.007–.020	.012–.158
		UE6020	590–970	.008–.020	.012–.158
		UE6035	560–770	.008–.020	.012–.158
		UE6020	590–970	.008–.022	.040–.158
		UE6035	560–770	.008–.022	.040–.158
		UE6020	590–970	.010–.024	.060–.197
		UE6035	560–770	.010–.024	.060–.197
		MC6025	620–1015	.008–.024	.036–.158
		UE6020	590–970	.004–.009	.035–.157
		MC6025	590–970	.010–.024	.060–.237
UE6020	560–920	.010–.024	.060–.237		
UH6400	440–640	.020–.050	.119–.434		
UH6400	360–525	.028–.052	.158–.473		
UH6400	440–640	.016–.048	.079–.394		
UE6020	510–820	.016–.048	.079–.394		

Lampiran 10

Tabel Spesifikasi Alat Ukur *Surface Roughness Tester*

Model No.	SJ-210					
Order No. (inch/mm)	178-561-01A	178-561-02A	178-563-01A	178-563-02A	178-565-01A	178-565-02A
Drive unit	Standard type (178-230-2)		Retractable type (178-235)		Transverse tracing type (178-233-2)	
Detector	0.75mN type (178-296)	4mN type (178-390)	0.75mN type (178-296)	4mN type (178-390)	0.75mN type (178-387)	4mN type (178-386)
Display unit	Compact type (178-253A)					
Detector: Tip angle	60°	90°	60°	90°	60°	90°
Stylus tip radius	2µm	5µm	2µm	5µm	2µm	5µm
Detector measuring force	0.75mN	4mN	0.75mN	4mN	0.75mN	4mN
Standard accessories	12BA A303 Connecting cable 178-602 Roughness specimen (Ra 3.00µm) 12BA K699 Carrying case 12BA K700 Calibration stage 12BA K820 Protective sheets for display AC Adapter Operation manual Quick reference manual Warranty				12BA A303 Connecting cable 178-606 Roughness specimen (Ra 1.00µm) 12AA E643 Point-contact adapter 12AA E644 V-type adapter 12BA K699 Carrying case 12BA K700 Calibration stage 12BA K820 Protective sheets for display AC Adapter, Operation manual Quick reference manual, Warranty	

DIMENSIONS Display unit, Drive unit



Lampiran 11

F- Tabel Distribusi Untuk Probabilitas

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89



PT. CITRA TAMANAS

Jl. Raya Serang Km. 8 Tangerang 15810

Telp. (021) 59301888, 59303165 Fax. (021) 59302286

ISO CERTIFIED

9001 : 2008

No. CT/DA/TC-19 VII-001/049

DATE : 27 Jul-19

MILL CERTIFICATE

ISSUED TO :

DELIVERY DATE : Mar-Jun 19

TRANSPORT BY : Truck

DESCRIPTION OF GOODS
GRADE

1 Cold Finished Carbon Steel Round Bar, ref to IS 6-3123
: S50 600 D

NO.	NO. HEAT	GRADE	CITY	SIZE Dia. x Length	CHEMICAL COMPOSITION / ANALYSIS					MECHANICAL PROPERTIES			
					C (%)	Min (%)	S (%)	P (%)	S (%)	UTS N/mm ²	YIELD N/mm ²	ELONGATION %	HARDNESS HB
1	831111	S50600D	500	1 1/8" x 6000 mm	0.18-0.23	0.30-0.60	MA	0.030 Max	0.035 Max	450-780	NA	NA	NA
2	713026	S50600D	450	20 mm x 6000 mm	0.14	0.37	0.22	0.015	0.008	481.3	471.9	27	
3	89278732	S50600D	750	1 1/4" x 6000 mm	0.14	0.60	0.19	0.018	0.026	458.6	455.4	10	
4	232554	S50600D	100	1 1/8" x 6000 mm	0.15	0.44	0.25	0.015	0.007	487.7	483.9	27	
5	8872922	S50600D	550	1" x 6000 mm	0.16	0.45	0.27	0.028	0.008	471.3	433.2	27	
										450.2	425.4	37	

Handwritten signature or initials

PT. CITRA TAMANAS
QAVOC

