

**ANALISIS NILAI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL
BAJA AISI 4340 PADA PROSES PEMESINAN BUBUT CNC
DENGAN METODE *TAGUCHI***

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

Ariandi Saputra

NIRM: 1041833

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2021/2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS NILAI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL BAJA AISI 4340 PADA PROSES PERMESINAN BUBUT CNC DENGAN METODE *TAGUCHI*

Oleh:

Ariandi Saputra NIRM: 1041833

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



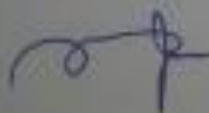
Muhammad Sobhan, S.S.T.,M.T
NIDN : 0218127501

Pembimbing 2



Indah Rierky Primiwi, M.Pd
NIDN : 0008109005

Penguji 1



Zaldy kurniawan, S.S.T.,M.T
NIDN : 0212017701

Penguji 2



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



PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Ariandi Saputra NIRM. 1041823
Dengan Judul : Analisis nilai keakuratan permukaan material baja 4340
pada proses pemrosesan bubut CNC dengan 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, saya bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 15 Februari 2022

Penulis



Ariandi Saputra



7. Bapak Boy Rollantia, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap Tuhan yang maha Esa merobalus segala kebaikan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proyek akhir ini, semoga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangannya di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta bagi pembacanya padamasa yang akan datang.
Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sengailiat, 15 Februari 2022

Pemulis



Ariandi Saputra

ABSTRAK

Hasil kekasaran permukaan yang minimum pada proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25, dilakukan pengaturan variabel-variabel proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25 supaya memperoleh nilai kekasaran permukaan benda kerja yang minimum. Riset yang sudah dicoba bertujuan untuk memastikan kontribusi dari variabel-variabel proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25 untuk mengurangi alterasi dari reaksi kekasaran permukaan benda kerja secara serentak. Seting variabel yang pas dari variabel proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25 supaya bisa memperoleh kekasaran permukaan benda kerja yang minimum. Variabel proses pemesinan yang divariasikan adalah kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan. Rancangan percobaan bersumber pada metode Taguchi serta berbentuk matriks ortogonal L9 (3³). Analisis yang digunakan merupakan Taguchi. Percobaan yang dilakukan secara acak dengan replikasi sebanyak 3 kali untuk menanggulangi aspek kendala yang terjadi sepanjang proses pemesinan. Hasil riset menampilkan untuk mengurangi alterasi dari respon secara serentak, kecepatan potong memberikan pengaruh kontribusi sebesar 61,98%, Gerak makan memberikan pengaruh kontribusi sebesar 1,13%. Dan kedalaman pemakanan memberikan pengaruh kontribusi sebesar -6,86%. Untuk mendapatkan kekasaran permukaan benda kerja yang minimum pada baja AISI 4340 dengan proses pemesinan CNC MORI SEIKI SL-25, kecepatan potong diatur sebesar 130 m/menit, kedalaman pemakanan diatur sebesar 1,0 mm dan gerak makan diatur sebesar 0,55 mm/put.

Kata kunci : AISI 4340, CNC MORI SEIKI SL-25, Kekasaran Permukaan, Metode Taguchi

ABSTRACT

The results of the minimum surface roughness in the CNC MORI SEIKI SL-25 machining process, the variables of the CNC MORI SEIKI SL-25 machining process were adjusted in order to obtain a minimum workpiece surface roughness value. The research that has been tried aims to ensure the contribution of the CNC MORI SEIKI SL-25 machining process variables to reduce the alteration of the workpiece surface roughness reaction simultaneously. The precise variable setting of the CNC MORI SEIKI SL-25 machining process variable in order to obtain a minimum workpiece surface roughness. Variable machining process that is varied is cutting speed, depth of feed and feed motion. The experimental design is based on the Taguchi method and in the form of an orthogonal matrix L9 (3³). The analysis used is Taguchi. Experiments were carried out randomly with 3 replications to overcome the aspects of the constraints that occurred during the machining process. The research results show that to reduce the alteration of the response simultaneously, cutting speed contributes 61.98%, eating motion contributes 1.13%. And the depth of feeding has a contribution effect of -6.86%. To obtain a minimum workpiece surface roughness on AISI 4340 steel with the MORI SEIKI SL-25 CNC machining process, the cutting speed is set at 130 m/min, the feed depth is set at 1.0 mm and the feed motion is set at 0.55 mm/put. .

Keywords : AISI 4340, CNC, Surface Roughness, Taguchi Method

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan proyek akhir ini.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan laporan proyek akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu, Ayah, Adik dan Keluarga yang telah memberikan motivasi, Doa , perhatian dan kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak Muhammad Subhan, S..T., M.T. selaku pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan bantuan untuk penelitian proyek akhir ini.
3. Ibu Indah Riezky Pratiwi, M.Pd. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan banyak ide-ide dan konsep pemikirannya dalam pengembangan laporan proyek akhir ini.
4. Bapak Eko yudo, S.S.T., M.T yang telah memberikan waktu dan bimbingannya dalam penggunaan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25 yang digunakan pada penelitian proyek akhir ini.
5. Bapak Martadi yang telah memberikan waktu dan kesempatan dalam pengambilan data pada mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25 yang digunakan pada penelitian proyek akhir ini.
6. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

7. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap Tuhan yang maha Esa membalas segala kebaikan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proyek akhir ini, semoga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta bagi pembacanya pada masa yang akan datang.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Sungailiat, 15 Februari 2022

Penulis

Ariandi Saputra

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	iviii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II	5
LANDASAN TEORI	5
2.1 Baja AISI 4340	5
2.1.1 Pengertian Baja AISI 4340.....	5
2.1.2 Penggunaan Baja AISI 4340	6
2.1.3 Unsur Baja AISI 4340	6
2.1.4 Sifat Mekanik Baja AISI 4340	7
2.2 Mesin Bubut CNC	7
2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC.....	7
2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC.....	8
2.2.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC.....	9
2.2.4 Pemrograman Mesin Bubut CNC	11

2.2.5	Variabel Pengoprasian Mesin Bubut CNC	14
2.3	Kekasaran Permukaan	16
2.4	Metode <i>Taguchi</i>	20
2.4.1	Pengertian Metode <i>Taguchi</i>	20
2.4.2	Langkah-langkah Metode <i>Taguchi</i>	21
2.4.3	Tahapan Desain Eksperimen <i>Taguchi</i>	21
2.4.3.1	Tahap Perencanaan Eksperimen	21
2.4.3.2	Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	24
BAB III	.....	27
METODE PENELITIAN	.....	27
3.1	Tahapan Penelitian	27
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.3	Alat dan Bahan	29
3.3.1	Alat Penelitian.....	29
3.3.2	Bahan Penelitian.....	33
3.4	Variabel Penelitian	33
3.4.1	Variabel Terikat (<i>Dependent Variabel</i>)	33
3.4.2	Variabel Bebas (<i>Independent Variabel</i>).....	33
3.4.3	Variabel Kontrol.....	34
3.4.4	<i>Noise</i>	34
3.5	Pemilihan <i>Matriks Ortogonal</i>	34
3.6	Prosedur Percobaan	36
3.7	Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	42
3.8	Data Hasil Percobaan	43
3.9	Metode Analisis.....	43
BAB IV	.....	45
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	45
4.1	Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	45
4.2	Analisis <i>Varians Taguchi</i>	48
4.2.1	Perhitungan Mean Terhadap Respon	48
4.2.2	Perhitungan Langsung Rata-rata Terhadap Respon	51

4.2.3	Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon	52
4.2.4	Perhitungan Langsung Nilai Rasio S/N Terhadap Respon	56
4.3	Analisis Varian Rasio S/N.....	57
4.4	Persen Kontribusi	60
BAB V	.....	62
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	.....	63
LAMPIRAN 1	.....	65
LAMPIRAN 2	.....	66
LAMPIRAN 3	.....	67
LAMPIRAN 4	.....	68

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Sumbu utama koordinat X dan Y mesin bubut CNC	8
Gambar 2. Bagian-bagian utama mesin bubut CNC	9
Gambar 3. Metode <i>Incremental</i>	11
Gambar 4. Metode <i>Absolute</i>	12
Gambar 5. Profil permukaan kekasaran	17
Gambar 6. Lebar gelombang dan lebar kekasaran	18
Gambar 7. Diagram alir penelitian.....	28
Gambar 8. Mesin bubut <i>CNC MORI SEIKI SL-25</i>	29
Gambar 9. Mata potong <i>insert carbide</i>	30
Gambar 10. Spesifikasi mata potong <i>insert carbide</i>	30
Gambar 11. <i>Surface roughness tester</i> Mitutoyo SJ-210	31
Gambar 12. Jangka Sorong ketelitian 0,02 mm	32
Gambar 13. Ukuran dan bentuk material	33
Gambar 14. Baja AISI 4340	37
Gambar 16. b. Obeng	37
Gambar 15. a. <i>Handel Chuck</i>	37
Gambar 17. Pemasangan benda kerja	38
Gambar 18. Pemasangan <i>insert carbide</i> CNMG120408-MA.....	38
Gambar 19. Setting variabel sesuai dengan kombinasi.....	39
Gambar 20. Benda kerja setelah diproses pemesinan bubut CNC	39
Gambar 21 b. <i>Holder dial</i>	40
Gambar 22 a. <i>V-Block</i>	40
Gambar 23. Kalibrasi alat ukur kekasaran	41
Gambar 24. Setting ketinggian benda kerja dengan alat ukur kekasaran.....	41
Gambar 25. Skema proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja.....	42
Gambar 26. Titik pengambilan data kekasaran permukaan benda kerja.....	42
Gambar 27. Grafik kekasaran rata-rata untuk masing-masing level variabel	50

Gambar 28. Grafik respon rasio S/N untuk masing-masing level variabel.....55



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Unsur baja karbon AISI 4340	6
Tabel 2. Sifat mekanis Baja AISI 4340.....	7
Tabel 3. Macam-macam kode G dan kegunaannya	13
Tabel 4. Macam-macam kode M dan kegunaannya.....	13
Tabel 5. Standarisasi simbol nilai kekasaran	19
Tabel 6. Proses pengerjaan untuk kekasaran permukaan	20
Tabel 7. Level-level matrik <i>Ortogonal</i>	23
Tabel 8. <i>Surface roughness tester Mitutoyo SJ-210</i>	32
Tabel 9. Daftar variabel bebas dan level	34
Tabel 10. Daftar variabel kontrol dan level.....	34
Tabel 11. Total derajat kebebasan variabel bebas.....	35
Tabel 12. Rancangan eksperimen berdasarkan Matriks <i>Ortogonal L9</i>	36
Tabel 13. Alat pendukung dalam penelitian dan kegunaannya.....	37
Tabel 14. Alat pendukung dalam pengukuran kekasaran dan kegunaannya.....	40
Tabel 15. Data hasil percobaan pengukuran kekasaran	43
Tabel 16. Data awal hasil pengukuran kekasaran	45
Tabel 17. Data hasil pengukuran kekasaran.....	49
Tabel 18. Data hasil pengukuran kekasaran dengan <i>Software</i> analisis	49
Tabel 19. Respon rata-rata variabel terhadap hasil kekasaran permukaan	51
Tabel 20. Hasil perhitungan rasio S/N untuk respon	54
Tabel 21. Respon rasio S/N variabel terhadap hasil kekasaran permukaan.....	55
Tabel 22. Respon rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh variabel	56
Tabel 23. Keputusan Uji	57
Tabel 24. Persen kontribusi rasio S/N	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dunia industri manufaktur terus berkembang bersamaan dengan perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi, nampak dari kenaikan output penciptaan. Di masa persaingan global, seluruh produsen wajib bersaing dengan pesaing tingkatan internasional termasuk manufaktur. Produsen yang menghasilkan produk berkualitas dengan harga bersaing akan menjadi pemenang dan bertahan di pasar, begitu pula sebaliknya. Fitur penentu utama dari kualitas produk olahan adalah kekasaran permukaan. Karakteristik ini mudah diukur dan menjadi standar kualitas produk (Dicky A. Nugraha1), 2020)

Kualitas produk mesin senantiasa berkaitan dengan ukuran, toleransi serta nilai produk yang dihasilkan. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu mesin yang bisa menciptakan produk dengan mutu terbaik, salah satunya merupakan pemakaian mesin CNC (computer numeric control). Dibandingkan dengan mesin tradisional, mesin ini memiliki banyak keunggulan, antara lain presisi tinggi, akurasi dimensi, waktu produksi lebih efisien, dan produktivitas tinggi. (Nugroho, 2012)

Dalam proses pemesinan CNC, yang perlu diperhatikan adalah tingkat kekasaran permukaan. Hal ini diperlukan dalam proses pemesinan, karena semakin tinggi kualitas permukaan benda kerja maka semakin tinggi pula tingkat akurasinya. Keakuratan ini akan mempengaruhi fungsi produk dengan mengevaluasi apakah produk tersebut akan diterima. Khusus untuk pasang komponen mesin. Tingkat kekasaran permukaan yang tinggi memengaruhi kinerja komponen mesin yang dipasangkan, sehingga mengganggu komponen berpasangan lainnya dan mengurangi masa pakai komponen ini.

Faktor-faktor yang mempengaruhinya, seperti terjadinya getaran, kecepatan potong, sudut dan ketajaman pemotongan dari permukaan benda kerja selama pemrosesan. Selain faktor di atas, faktor lain seperti kecepatan spindel dan

kedalaman pemakanan juga akan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan. Orang sering melakukan penelitian untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang akan diproses, hal ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas tingkat kekasaran permukaan benda kerja dengan pengaruh yang paling besar selama proses pengolahan.

Penelitian yang berjudul “Pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan material FCD 40 pada mesin bubut CNC” (A. Zubaidi, I. Syafat, dan Darmanto, 2012) menjelaskan semakin tinggi harga *feeding* maka semakin tinggi pula tingkat kekasaran permukaannya, sebaliknya semakin tinggi kecepatan putaran maka semakin rendah pula tingkat kekasarannya. Nilai kekasaran terendah saat kecepatan pemakanan (*feed*) adalah 0,05 mm/rev dan putaran konstan (RPM) adalah 2,87 m, dan nilai kekasaran terendah saat kecepatan pemakanan tetap adalah 2,33 m.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Raul, Widiyanti, & Poppy, 2016) diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh perubahan kecepatan potong dan kedalaman potong bubut terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja St 41. Nilai kekasaran permukaan terendah adalah kecepatan potong (VC) 170 m/menit, dan kedalaman potong 0,6 mm adalah 2,784 meter. Penelitian lain juga yang dilakukan (Apreza, Kurniawan, & Subhan, 2017) memeriksa optimasi kekasaran permukaan proses pembubutan baja St 42, pengaturan variabel memiliki nilai kekasaran permukaan terendah, putaran *spindel* diatur ke 2748 rpm, gerak makan diatur ke 0,15 mm/put dan dalam pemakanan diatur pada 0,5 mm, kasar Nilai derajatnya adalah 0,83 m.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Kurniawan, Yudo, & Rosmansyah, 2018) juga meneliti tentang optimasi kekasaran permukaan material Amutit dengan proses CNC *turning* dengan pengaturan variabel 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 .

Berdasarkan latar belakang yang sudah di jabarkan penulis menggunakan baja paduan rendah VCN 150 kekuatan tinggi (baja paduan rendah HSLA

kekuatan tinggi) atau baja *American Iron and Steel Institute* (AISI) 4340 dalam penelitian ini. Baja VCN 150 merupakan salah satu baja berkekuatan tinggi yang sangat cocok untuk permesinan dan pembuatan gardan, sehingga banyak digunakan pada permesinan. 0,1% Ni dan 0,6% molibdenum. Baja VCN 150 biasanya digunakan pada kendaraan. Untuk menentukan desain eksperimental yang berubah selama pemesinan, termasuk kecepatan potong, kedalaman pemakanan, dan gerak makan, menggunakan metode *Taguchi*.

Berdasarkan dari permasalahan yang telah dijabarkan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian untuk melihat pengaruh proses pemesinan terhadap kekasaran permukaan benda kerja dengan judul “**Analisis Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 4340 pada Proses Pemesinan Bubut CNC dengan Metode *Taguchi***”.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana besar kontribusi variabel pemesinan kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja pada material baja AISI 4340 proses pembubutan?
2. Bagaimana pengaturan setting variabel tersebut agar menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah pada material baja AISI 4340 dengan metode *taguchi*?

1.3 Batasan Masalah

Agar masalah dalam penelitian ini lebih terarah pada sasaran serta tidak menyimpang dari tujuan yang semula direncanakan sehingga mempermudah memperoleh informasi serta data yang dibutuhkan, maka penulis menetapkan batasan-batasan masalah bahwa:

1. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI 4340.
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.
Pengujian kekasaran permukaan benda kerja menggunakan *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besar kontribusi variabel pemesinan kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja pada material baja AISI 4340 proses pembubutan.
2. Untuk mengetahui pengaturan setting variabel tersebut agar menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah pada material baja AISI 4340 dengan metode *taguchi*.

1.5 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 bubut CNC 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 bubut CNC.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Baja AISI 4340

2.1.1 Pengertian Baja AISI 4340

Material AISI 4340 disebut material HSLA (*High Strength Low Alloy*). Baja paduan rendah atau baja paduan rendah adalah baja paduan dengan kandungan unsur paduan kurang dari 5%. Bahan ini merupakan baja karbon sedang dengan paduan rendah Ni-Cr dan Mo. Menurut standar, komposisi kimia baja AISI 4340 adalah: 0,36% C ~ 0,44% C; 0,55% Mn hingga 0,80% Mn; 0,15% Si hingga 0,30% Si; 0,60% Cr hingga 0,90% Cr; 1,65% nikel hingga 2,00% nikel ; Dan 0,20% Mo hingga 0,30% Mo. Baja AISI 4340 memiliki kinerja yang baik dalam ketahanan benturan dan ketahanan aus. Biasanya bahan ini diperoleh dalam keadaan anil atau pra-pengerasan.

Jika kekerasan tinggi diperlukan pendinginan dan tempering juga dapat dilakukan. (Beni Bandanadjaja, 2016) menyatakan bahwa AISI 4340 lebih tahan terhadap beban dinamis daripada beban statis. Disebutkan juga bahwa material ini akan mengalami temper *embrittlement* selama tempering pada suhu 350° C. Rancangan struktur mikro yang dapat menghasilkan kekuatan dan elongasi yang baik adalah dual-phase, dimana struktur kuat seperti bainit atau martensit digabungkan dengan struktur lunak dengan elongasi tinggi, seperti ferit. Dalam hal ini, Tomita menemukan bahwa tempered martensit dengan fraksi volume bainit 0,25 memiliki ketangguhan yang lebih baik daripada tempered martensit atau bainit saja.

Menurut penemuan (Beny bandanadjaja, 2016), penambahan fraksi ferit ke ferit bainit dua fase akan meningkatkan elongasi. Tetapi ketika fraksi volume ferit lebih besar dari 34%, elongasi akan berkurang. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pada struktur ferit bainit dua fasa, pada saat kandungan ferit 34%, elongasi mencapai titik optimal. Melihat kemajuan penelitian di bidang lain, material AISI 4340 dengan sifat kekuatan dan ketangguhan/elongasi yang baik dapat diperoleh

dengan membuat material dua fasa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat struktur mikro fasa ganda pada material AISI 4340 dengan komposisi persentase ferit-bainit (30%-70%) dengan perlakuan panas.

2.1.2 Penggunaan Baja AISI 4340

Baja AISI 4340 mengacu pada baja karbon atau baja karbon biasa dengan kandungan karbon 0,40%. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai bagian dari roda gigi, poros dan bantalan. Dalam aplikasi ini baja harus memiliki ketahanan aus yang baik, karena sesuai dengan fungsinya harus mampu menahan keausan akibat gesekan dengan rantai. Ketahanan abrasi didefinisikan sebagai ketahanan abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan ukuran yang disebabkan oleh gesekan (Satriya Firmansyaha, 2021) Secara umum, ketahanan aus berbanding lurus dengan kekerasan.

2.1.3 Unsur Baja AISI 4340

Adapun kandungan unsur yang terdapat pada baja karbon AISI 4340 menurut standar ASTM A 827-85 dapat dilihat dari Tabel 1. dibawah ini :

Tabel 1. Unsur baja karbon AISI 4340

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

Sumber : (Satriya Firmansyaha, 2021)

2.1.4 Sifat Mekanik Baja AISI 4340

Adapun sifat-sifat mekanik yang terdapat pada baja karbon AISI 4340 dapat dilihat dari Tabel 2. dibawah ini :

Tabel 2. Sifat mekanis Baja AISI 4340

SIFAT MEKANIS	Baja AISI 4340
Berat Spesifik	7.7 – 8.03 (x1000kg/m ³)
<i>Modulus Elastisitas</i>	190-210 Gpa
Kekuatan getar	505 Mpa
Kekuatan tarik	585 Mpa
Kekasaran	179.8
<i>Elongation</i>	12

Sumber : (Satriya Firmansyaha, 2021)

2.2 Mesin Bubut CNC

2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC

Pengertian mesin CNC atau atas nama komputer kontrol numerik adalah suatu sistem dimana pengoperasian CNC memakai program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara universal, konstruksi perlengkapan mesin CNC serta sistem kerjanya merupakan sinkronisasi antara komputer dan mekanik. Peralatan mesin CNC memiliki keunggulan yang lebih baik dalam akurasi, presisi, fleksibilitas dan kapasitas produksi.

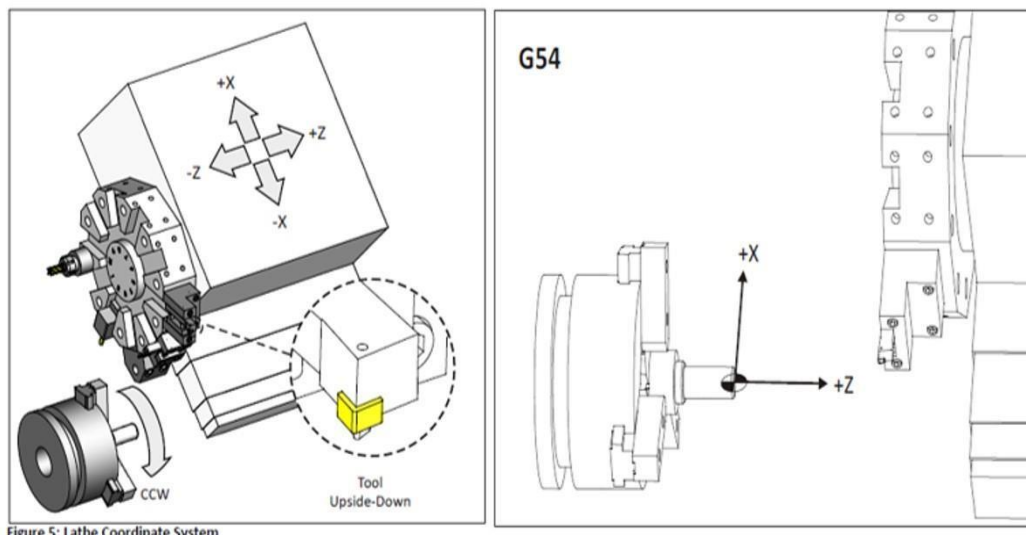
Oleh karena itu, mesin CNC sendiri dapat diartikan sebagai mesin yang dikendalikan oleh komputer dengan menggunakan bahasa digital, dimana CNC memproses susunan kode yang dilakukan dalam kode, dan mesin tersebut dapat bekerja sesuai dengan perintah kode Oleh (Widarto, 2008) karena itu, mesin bubut CNC adalah mesin perkakas yang dikendalikan oleh komputer dan menggunakan bahasa digital (petunjuk gerak 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 buat arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
- Sumbu Z buat arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar.

Arah gerakan pada mesin bubut CNC diberikan lambang sumbu X buat arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar serta sumbu Z buat arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar (Widarto, 2008) pada Gambar 1. :



Gambar 1. Sumbu utama koordinat X dan Y mesin bubut CNC

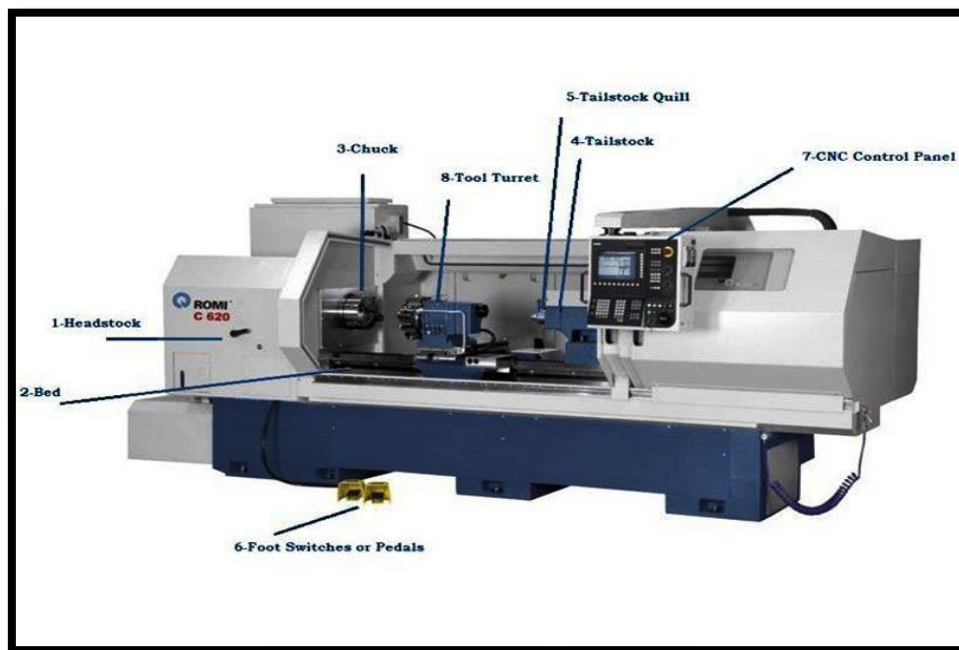
Sumber : (Arifin, 2017)

Sumbu X didefinisikan selaku sumbu yang tegak lurus terhadap sumbu spindel mesin bubut. Arah positif sumbu X merupakan arah yang menghindari sumbu spindel. Dengan kata lain sumbu X merupakan ialah besarnya diameter benda kerja. Sumbu Z merupakan sumbu yang sejajar dengan sumbu spindel serta arah positif merupakan arah yang menghindari kepala senantiasa mesin bubut. Dengan kata lain sumbu Z merupakan ialah besarnya panjang benda kerja yang

dikerjakan. Buat kepentingan pembuatan program CNC hingga digunakan sistem kordinat benda kerja (*Workpiece Coordinate System= WCS*). Dimana titik nol benda kerja diletakkan pada titik diameter ujung sangat kanan benda kerja.

2.2.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC

Bagian-bagian utama dari mesin bubut CNC dapat ditunjukkan pada Gambar 2. sebagai berikut :



Gambar 2. Bagian-bagian utama mesin bubut CNC

Sumber : (Furqoni, 2020)

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

1. *Headstock* atau kepala tetap

Bagian ini tidak jauh berbeda dengan mesin bubut konvensional/tradisional. Di bagian ini ada motor penggerak untuk memutar poros utama dan pengaturan roda gigi. Susunan roda gigi ini digunakan untuk mengatur kecepatan putaran mesin. Namun, metode menyesuaikan kecepatan mesin tidak lagi gunakan pegangan/handle. Tetapi menggunakan program/perintah yang dimasukkan melalui panel. Sebagai pengikat benda kerja, *chuck*/cekam di pasang di bagian ini.

2. Meja Mesin Bubut CNC (*CNC Lathe Bed*)

Meja mesin bubut ini umumnya digunakan sebagai landasan ataupun lintasan untuk alat potong yang dipasang pada turret. Umumnya terbuat dari bahan yang dikeraskan supaya tidak gampang terkikis pada saat terkena gesekan.

3. Cekam (*Chuck*)

Cekam umumnya berperan untuk menjepit benda kerja yang hendak di proses. Pencengkaman benda kerja harus benar-benar kokoh. Sehingga hasil pengerjaan menjadi optimal.

4. Kepala Lepas (*Tailstock*)

Bagian ini berperan selaku pendukung cekam dalam pencekaman benda kerja. Misalnya buat benda kerja yang *relatif* panjang, sehingga gerakan ataupun putarannya jadi lebih normal. Tidak hanya itu, kekuatan pencekamannya pula lebih kokoh. Posisi benda kerja tidak gampang beralih, sehingga proses pemesinan bisa dituntaskan dengan mudah.

5. *Tailstock Quill*

Tailstock quill berperan buat melaksanakan menguatkan pencekaman. Dengan dorongan tekanan hidrolik/ *pneumatik*. Sebab kala kita mendekatkan *tailstock* dengan benda kerja serta menempelkannya. Itu cuma memposisikan ujung *tailstock* dekat dengan benda kerja. Sehingga memerlukan tekanan dari *tailstock quill* buat menguatkan pencekaman.

6. Pedal kaki (*foot switch* atau *foot pedals*)

Pedal kaki ini digunakan buat mengendalikan *chuck* serta *tailstock*. Dengan pedal ini kita bisa memasang serta melepas benda kerja dengan gampang. Dapat digunakan untuk membuka serta menutup cekam. Pedal ini pula berperan buat memajukan serta memundurkan *tailstock*.

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

Panel Kontrol ini merupakan otak dari mesin *CNC*. Seluruh program *CNC* dimasukkan lewat panel ini. Operator mesin mengatur segala mesin memakai tombol- tombol yang terdapat pada panel ini. Diawali dari menyalakan mesin hingga selesainya pekerjaan. Bisa pula digunakan untuk membuat program baru

ataupun mentransfer program lewat *usb port* yang ada. Bagian ini merupakan bagian terutama dalam pengendalian mesin.

8. *Tool Turret*

Berbeda dengan mesin bubut konvensional. Kedudukan *toolpost* digantikan dengan *tool turret*. Perlengkapan potong yang diperlukan dipasang pada *turret*. Terdapat bermacam-macam berbagai *tool turret*, baik itu menurut bentuk serta jumlah perlengkapan potong yang bisa dipasang.

2.2.4 Pemrograman Mesin Bubut CNC

Pemrograman merupakan sesuatu urutan perintah yang disusun secara rinci masing-masing blok per blok untuk membagikan masukan mesin perkakas *CNC* tentang apa yang wajib 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 tata cara pemrograman dimana titik referensinya senantiasa berganti, ialah titik terakhir yang dituju jadi titik rujukan baru untuk dimensi selanjutnya. Untuk lebih jelasnya metode *Incremental* dapat ditunjukkan pada Gambar 3. sebagai berikut :



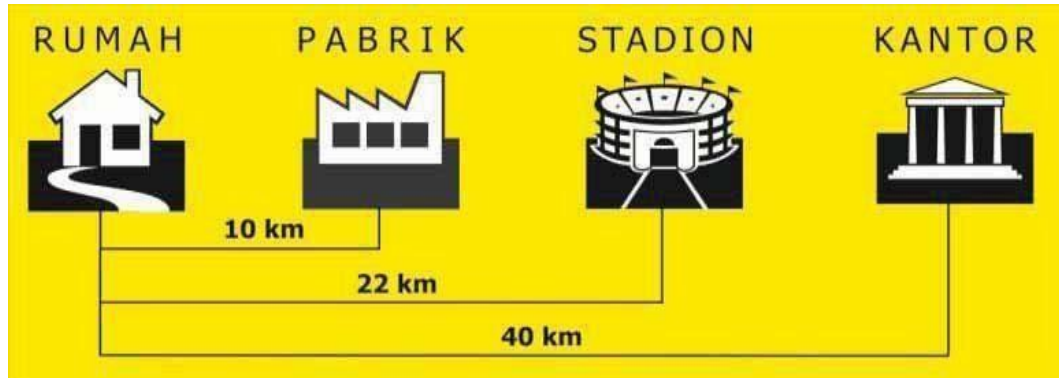
Gambar 3. Metode Incremental

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 4. sebagai berikut :



Gambar 4. Metode Absolute

Sumber : (Widarto, 2008)

2. Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman merupakan format perintah dalam satu blok dengan memakai kode huruf, angka serta simbol. Di dalam mesin perkakas *CNC* ada fitur *pc* yang diucap dengan *Machine Control Unit(MCU)*. *MCU* ini berperan untuk menerjemahkan bahasa kode ke dalam bentuk gerakan persumbuan sesuai bentuk benda kerja (Widarto, 2008).

Mesin *CNC* hanya dapat membaca kode standar yang telah disepakati oleh industri yang telah membuat 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 3. berikut :

Tabel 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 <i>radius</i>
G41	Untuk pembubutan diameter dalam
G42	Untuk pembubutan diameter luar
G54	Berarti titik nol benda kerja diaktifkan
G70	Perintah <i>finishing</i>
G71	Perintah pemakanan berulang secara otomatis
G90	Pemrograman <i>absolut</i>
G91	Pemrograman <i>inkremental</i>
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 4. dibawah ini :

Tabel 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 <i>tool</i> terakhir

2.2.5 Variabel Pengoperasian Mesin Bubut CNC

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

1. Kecepatan Potong (*Cutting speed*)

Kecepatan potong pada pemessinan bubut merupakan keahlian perlengkapan potong dalam perihal ini merupakan pahat bubut dalam menyayat benda kerja dengan nyaman buat menciptakan tatal dalam satuan panjang per satuan waktu (Arifin, Achmad, 2020) Jadi kecepatan potong merupakan sesuatu harga yang dibutuhkan dalam memastikan kecepatan dikala penyayatan ataupun pemotongan benda kerja. Harga kecepatan potong ditetapkan oleh tipe perlengkapan potong serta tipe benda yang hendak 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.

c. Besarnya kecepatan penyayatan

Semakin besar harga penyayatan, maka harga kecepatan potong akan semakin kecil.

d. Kedalaman penyayatan

Semakin tebal kedalaman penyayatan, maka harga kecepatan potong akan semakin kecil.

Adapun rumus untuk menentukan kecepatan potong adalah:

$$V_c = \frac{\square\square\square\square\square}{1000} \text{ (m/menit)} \quad (2.1)$$

Dimana :

V_c = Kecepatan potong (m/menit)

d = Diameter benda kerja (mm)

n = putaran spindel (rpm)

$$\pi = 3,14$$

2. Kedalaman Pemotongan (*Depth of cut*)

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

Adapun rumus kedalaman potong yaitu:

$$a = \frac{d_o^2 - d_m^2}{4d_m} \text{ (mm)} \quad (2.2)$$

Dimana :

d_o = Diameter awal (mm)

d_m = Diameter akhir (mm)

3. Kecepatan Pemakanan (*Feeding Rate*)

Gerak makan (*feeding*) ialah jarak yang ditempuh pahat tiap benda kerja yang hadapi putaran dalam satu kali sehingga satuannya merupakan mm/ rev. Gerak makan bisa ditetapkan oleh material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, kekuatan mesin dan tingkatan kehalusan permukaan yang di idamkan. Kecepatan makan mempunyai penafsiran ialah jarak dari gerakan pahat potong selama jarak kerja buat tiap putaran dari *spindle* (Purnomo, 2017)

Gerak makan ditetapkan bersumber pada pertimbangan sebagian perihal ialah: kesiapan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, serta paling utama kehalusan permukaan yang di idamkan, dan lama waktu pengerjaan yang di idamkan (Arifin, Achmad, 2020).

Adapun rumus kecepatan pemakanan yaitu:

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

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 ketidakrataan konfigurasi permukaan berupa guratan atau meninggalkan bekas berupa lembah dan puncak yang disebut dengan kekasaran permukaan.

Kekasaran permukaan merupakan suatu karakteristik permukaan dan ketidakrataan konfigurasi permukaan berupa guratan yang terlihat pada profil permukaan. Konfigurasi permukaan ialah sesuatu ciri *geometri* kalangan *mikrogeometri*, yang tercantum kalangan *makrogeometri* merupakan permukaan secara totalitas yang membuat bentuk ataupun rupa yang khusus, misalnya permukaan lubang, permukaan poros, permukaan sisi serta lain- lain yang tercakup pada elemen geometri ukuran, bentuk serta posisi (Sumardi, 2017). Aspek yang pengaruhi nilai kekasaran antara lain: mekanisme variabel pemotongan, geometri serta ukuran pahat, cacat pada material benda kerja serta kehancuran 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 ialah profil dari geometris permukaan yang sempurna yang bisa berbentuk garis lurus, bundaran, serta garis lengkung.

2. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil referensi ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteistik dari sesuatu permukaan. Bentuknya sama dengan bentuk profil geometris sempurna, namun pas menyinggung puncak paling tinggi dari profil terukur pada panjang ilustrasi yang diambil dalam pengukuran.

3. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil terukur merupakan profil dari sesuatu permukaan yang diperoleh lewat proses pengukuran.

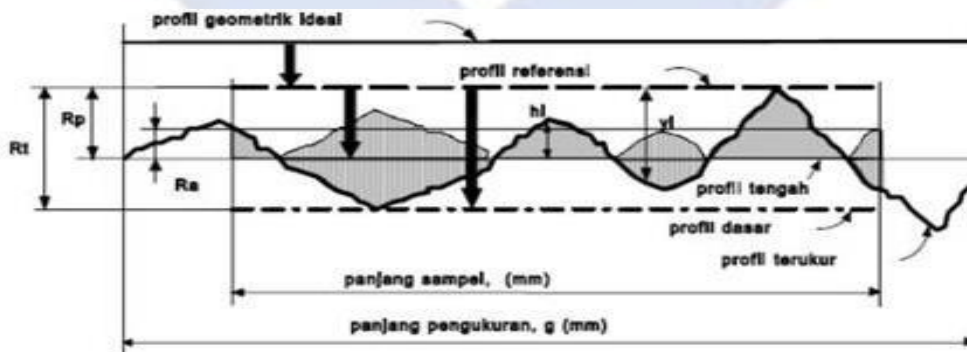
4. Profil Dasar (*Root Profile*)

Profil bawah merupakan profil rujukan yang digeserkan kebawah sampai pas pada titik sangat rendah pada profil terukur.

5. Profil Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah ialah profil yang terletak 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 mutu kekasaran permukaan yang sangat universal merupakan harga kekasaran rata-rata aritmatik (R_a) ialah, selaku standar mutu permukaan dari hasil pemotongan maksimum yang diizinkan. Dimana posisi R_a serta variabel kekasaran yang lain, bentuk profil, panjang ilustrasi serta panjang pengukuran yang dicoba oleh mesin-mesin ukur kekasaran.. Profil-profil pada permukaan kekasaran dapat ditunjukkan pada Gambar 5. sebagai berikut :



Gambar 5. Profil permukaan kekasaran

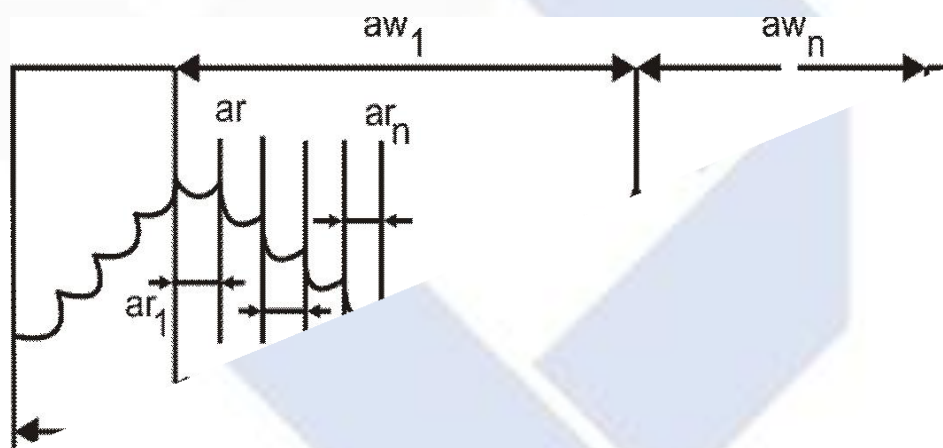
(Sumber : (Rochim, 2001))

Berdasarkan Gambar 5. bisa didefinisikan sebagai variabel permukaan yang berhubungan dengan ukuran pada arah tegak serta arah melintang. Buat arah tegak di ketahui sebagian arah tegak diketahui sebagian variabel:

- Kekasaran total $R_t(\mu\text{m})$ merupakan jarak antara profil rujukan dengan profil alas.

- b. Kekasaran perataan $R_p(\mu\text{m})$ merupakan jarak rata- rata profil rujukan dengan profil terukur.
- c. Kekasaran rata-rata aritmatik $R_a (\mu\text{m})$ merupakan harga rata-rata aritmatik dari harga mutlak jarak antara profil terukur dengan profil tengah.
- d. Kekasaran rata-rata kuadrat $R_g (\mu\text{m})$ merupakan pangkal dari jarak kuadrat rata- rata antara profil terukur dengan profil tengah.
- e. Kekasaran total rata-rata $R_z (\mu\text{m})$ ialah jarak antara profil alas ke profil terukur pada 5 puncak paling tinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada 5 lembah terendah.

Untuk arah mendatar variabelnya dapat ditunjukkan pada Gambar 6. sebagai berikut :



Gambar 6. Lebar gelombang dan lebar kekasaran

Sumber : (Munadi, 1988))

- a. Lebar Gelombang (*Waviness Width*), A_w

Lebar gelombang merupakan jarak rata- rata aritmetis dari jumlah jarak aw_1 yang terletak di antara 2 puncak gelombang pada profil terukur yang posisinya bersebelahan dengan panjang ilustrasi pengukuran s_w .

- b. Lebar Kekasaran (*Roughness Width*), A_r

Lebar kekasaran merupakan jarak rata- rata aritmetis dari jumlah jarak ar_1 yang terletak di antara 2 puncak kekasaran pada profil terukur yang posisinya bersebelahan dengan panjang ilustrasi pengukuran s .

Angka yang terdapat pada simbol kekasaran permukaan ialah nilai dari kekasaran permukaan aritmatik diucap Roughness Average(Ra). Dimana nilai penyimpangan rata- rata arimatik sudah diklasifikasikan oleh ISO jadi 12 tingkatan kekasaran. Tingkat kekasaran ini dilambangkan dari N1 hingga N12 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. dibawah ini :

Tabel 5. Standarisasi simbol nilai kekasaran

Kekasaran Ra (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)

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 6. berikut:

Tabel 6. Proses pengerjaan untuk kekasaran permukaan

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping</i>	N1-N4	0.025-0.2
<i>Superfinishing diamond turning</i>	N1-N6	0.025-0.8
<i>Flat and cylindrical grinding</i>	N1-N8	0.025-3.2
<i>Finishing</i>	N4-N8	0.1-3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	N5-N12	0.4-50.0
<i>Drilling</i>	N7-N10	1.6-12.5
<i>Shapping, planing, horizontal milling</i>	N6-N12	0.8-50.0
<i>Sand casting and forging</i>	N10-N11	12.5-25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	N6-N8	0.8-3.2
<i>Die casting</i>	N6-N7	0.8-1.6

Sumber : (Munadi, 1988)

2.4 Metode Taguchi

2.4.1 Pengertian Metode Taguchi

Metode taguchi merupakan metode desain eksperimen dalam suatu rancangan percobaan untuk mengatakan nilai-nilai dari variabel dapat dikendalikan dengan tujuan memperbaiki kualitas produk sehingga dapat meminimalkan variasi yang disebabkan variabel bebas. Tata cara *Taguchi* berupaya menggapai sasaran tersebut dengan menjadikan benda kerja serta proses tidak sensitif terhadap bermacam parameter kendala (*noise*), semacam material, peralatan manufaktur, tenaga kerja manusia, serta kondisi- kondisi operasional. (Soejanto, 2009).

Metode *taguchi* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode yang lainnya. Adapun kelebihan metode *taguchi* antara lain (Soejanto, 2009) sebagai berikut :

1. Lebih efisien karena dapat melaksanakan penelitian dengan melibatkan banyak faktor dan jumlah.

2. Dapat memperoleh proses yang menghasilkan benda kerja secara konsisten dan kokoh terhadap parameter yang tidak dapat dikontrol.
3. Menghasilkan kesimpulan mengenai level dari variabel kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Tata cara *taguchi* mempunyai kekurangan dibanding tata cara yang lain ialah memiliki struktur rancangan yang sangat lingkungan, sehingga pemilihan rancangan percobaan wajib dicoba secara hati-hati serta cocok dengan tujuan riset.

2.4.2 Langkah-langkah Metode Taguchi

Adapun langkah-langkah metode *taguchi* dalam sebuah eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Memastikan tujuan dari proses ataupun lebih khususnya lagi sasaran *value* buat pengukuran performansi dari sesuatu proses.
2. Memastikan variabel desain yang membagikan dampak terhadap proses.
3. Membuat *Orthogonal arrays* buat desain variabel yang mengindikasikan jumlah serta keadaan dari tiap-tiap eksperimen.
4. Menghubungkan eksperimen yang diindikasikan pada *array* yang telah berakhir buat mengumpulkan informasi pada dampak dari pengukuran performansi.
5. Memenuhi informasi analisis buat memastikan dampak dari bermacam variabel berbeda pada pengukuran performansi.

2.4.3 Tahapan Desain Eksperimen Taguchi

2.4.3.1 Tahap Perencanaan Eksperimen

Tahap ini terdiri dari sebagian langkah sebagai berikut (Soejanto, 2009) :

1. Perumusan Masalah

Permasalahan wajib diformulasikan secara khusus. Formulasi permasalahan wajib jelas secara teknis sehingga bisa dituangkan ke dalam eksperimen yang hendak dicoba.

2. Tujuan Eksperimen

Tujuan eksperimen yang ditetapkan wajib bisa menanggapi permasalahan yang sudah diformulasikan secara sistematis

3. Penentuan Respon

Reaksi mempunyai nilai yang bergantung pada variabel- variabel lain yang diucap variabel leluasa.

4. Pengidentifikasian Variabel Bebas

Variabel leluasa merupakan variabel yang perubahannya tidak bergantung pada variabel lain. Pada langkah ini hendak diseleksi variabel-variabel yang hendak diselidiki pengaruhnya terhadap reaksi yang bersangkutan. Dalam sesuatu eksperimen, tidak seluruh variabel yang diperkirakan pengaruhi reaksi wajib diselidiki. Dengan demikian, eksperimen bisa dilaksanakan secara efisien serta efektif.

5. Pemisahan Variabel Kontrol Dan Variabel Kendal

Variabel-variabel yang diamati bisa dipecah jadi variabel kontrol serta variabel kendala, keduanya butuh diidentifikasi dengan jelas karena pengaruh antar kedua variabel tersebut berbeda. Variabel kontrol merupakan variabel yang nilainya bisa dikendali sebaliknya variabel kendala merupakan variabel yang nilainya tidak bisa dikendalikan.

6. Penentuan Jumlah dan Nilai Level Variabel

Pemilihan jumlah tingkat maksudnya hendak pengaruhi ketelitian hasil serta bayaran penerapan eksperimen. Terus menjadi banyak tingkat yang diteliti hingga hasil eksperimen yang diperoleh hendak terus menjadi akurat, namun bayaran yang wajib dikeluarkan hendak terus menjadi besar.

7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan merupakan suatu konsep buat mendeskripsikan seberapa besar percobaan wajib dicoba serta seberapa banyak data yang bisa diberikan oleh percobaan tersebut. Perhitungan derajat kebebasan dicoba buat memastikan jumlah percobaan yang hendak dicoba buat menyelidiki variabel yang diamati. Derajat kebebasan dari *matriks ortogonal* (v_{mo}) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Derajat kebebasan dari variabel dan level (v_{fl}) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$v_{ff} = \text{jumlah level variabel} - 1 \quad (2.5)$$

8. Pemilihan *Matriks Ortogonal*

Pemilihan *matriks Ortogonal* yang cocok ditetapkan oleh jumlah derajat kebebasan dari jumlah variabel serta jumlah tingkat variabel. Pemilihan *matriks Ortogonal* digunakan buat memastikan jumlah eksperimen yang hendak dicoba serta menyelidiki variabel yang diamati. *Matriks Ortogonal* mempunyai keahlian buat mengevaluasi beberapa variabel dengan jumlah percobaan yang minimum. Suatu *matriks Ortogonal* dilambangkan dalam bentuk:

$$L_a(b^c)$$

Dengan: L = Rancangan bujur sangkar latin

a = Banyaknya percobaan

b = Banyaknya level variabel

c = Banyaknya variabel

Jenis *matriks Ortogonal* yang tersedia secara standar dapat dilihat pada Tabel 7. Selaku contoh *matriks Ortogonal* $L_4 (2^3)$ berarti jumlah eksperimen yang hendak dicoba merupakan 4, jumlah derajat kebebasan dari *matriks Ortogonal* (v_{mo}) optimal merupakan 3, dan matriks tersebut bisa digunakan buat jumlah variabel optimal 3 dengan tiap- tiap mempunyai 2 level.

Tabel 7. 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)

2.4.3.2 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Tahap pelaksanaan eksperimen terdiri dari 2 hal (Soejanto, 2009), ialah penentuan jumlah replikasi serta randomisasi penerapan eksperimen.

1. Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan pengulangan kembali perlakuan yang sama pada keadaan yang sama dalam suatu percobaan buat mendapatkan ketelitian yang lebih besar, kurangi tingkatan kesalahan dan mendapatkan harga taksiran dari kesalahan.

2. Randomisasi

Dalam eksperimen yang pengaruhi hasil eksperimen adalah variabel-variabel lain yang tidak di idamkan ataupun tidak bisa dikendalikan. Pengaruh variabel- variabel itu bisa diperkecil dengan menyebarkan pengaruh tersebut lewat randomisasi(pengacakan) urutan percobaan. Randomisasi dicoba bertujuan buat meratakan pengaruh dari parameter- parameter yang tidak bisa dikendalikan pada seluruh unit eksperimen, membagikan peluang yang sama pada seluruh unit eksperimen buat menerima sesuatu perlakuan sehingga terdapat kehomogenan pengaruh dari tiap perlakuan yang sama serta buat memperoleh hasil eksperimen yang leluasa satu sama lain. Bila replikasi bertujuan buat membolehkan dikerjakannya uji signifikansi, hingga randomisasi bertujuan buat membagikan validasi terhadap uji signifikansi tersebut dengan melenyapkan watak bias.

2.4.1.1 Tahap Analisa

Pada tahap analisis, pengumpulan serta pengolahan data yang dilakukan, sesi ini meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan dan penyajian data dalam suatu tampilan tertentu yang sesuai dengan desain yang diseleksi. Tidak hanya itu, perhitungan serta pengujian data statistik dilakukan pada data hasil percobaan. Berikut ini merupakan tahap analisa (Soejanto, 2009)

1. Analisis Varians Taguchi

Analisis *varian* merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistik. Analisis ini ialah metode dengan menguraikan segala total variabel yang diteliti. Untuk

analisis varians dua arah merupakan data eksperimen yang terdiri dari tiga variabel ataupun lebih dan tiga level ataupun 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, semakin baik (*Small is Better*)

Dimana karakteristik kualitas nilai semakin kecil (mendekati nol adalah nilai yang diinginkan).

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

dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

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

Dimana karakteristik kualitas dengan nilai atau target tidak nol dan terbatas (mendekati nilai yang ditentukan).

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

dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

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

Dimana karakteristik kualitas nilai tak terbatas (semakin besar adalah 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 variabel kendali pengaruh secara signifikan terhadap suatu respon. Pengujian bahwa adanya pengaruh faktor atau variabel bebas terhadap eksperimen dibuktikan dengan uji hipotesis F. Hipotesis adalah suatu proses dugaan sementara yang masih lemah kebenarannya dari variabel dalam populasi, yang digunakan untuk menghasilkan suatu keputusan, yaitu menolak atau menerima hipotesis.

Pada penelitian ini taraf signifikansi α yang digunakan sebesar 5% ataupun 0.05. Uji hipotesis F dilakukan dengan metode menyamakan variansi yang diakibatkan masing-masing faktor serta variansi error. Variansi error merupakan variansi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor yang tidak bisa dikendalikan.

- Hipotesis pengujian adalah:

H0 : tidak ada 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 yang signifikan terhadap kekasaran permukaan dengan kata lain H0 diterima dan H1 ditolak.
- Jika uji F Test (hitung) > nilai F tabel ($\alpha = 5\%$), maka hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan yang signifikan terhadap kekasaran permukaan dengan kata lain H0 ditolak dan H1 diterima.

4. Persen kontribusi

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

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

Persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus:

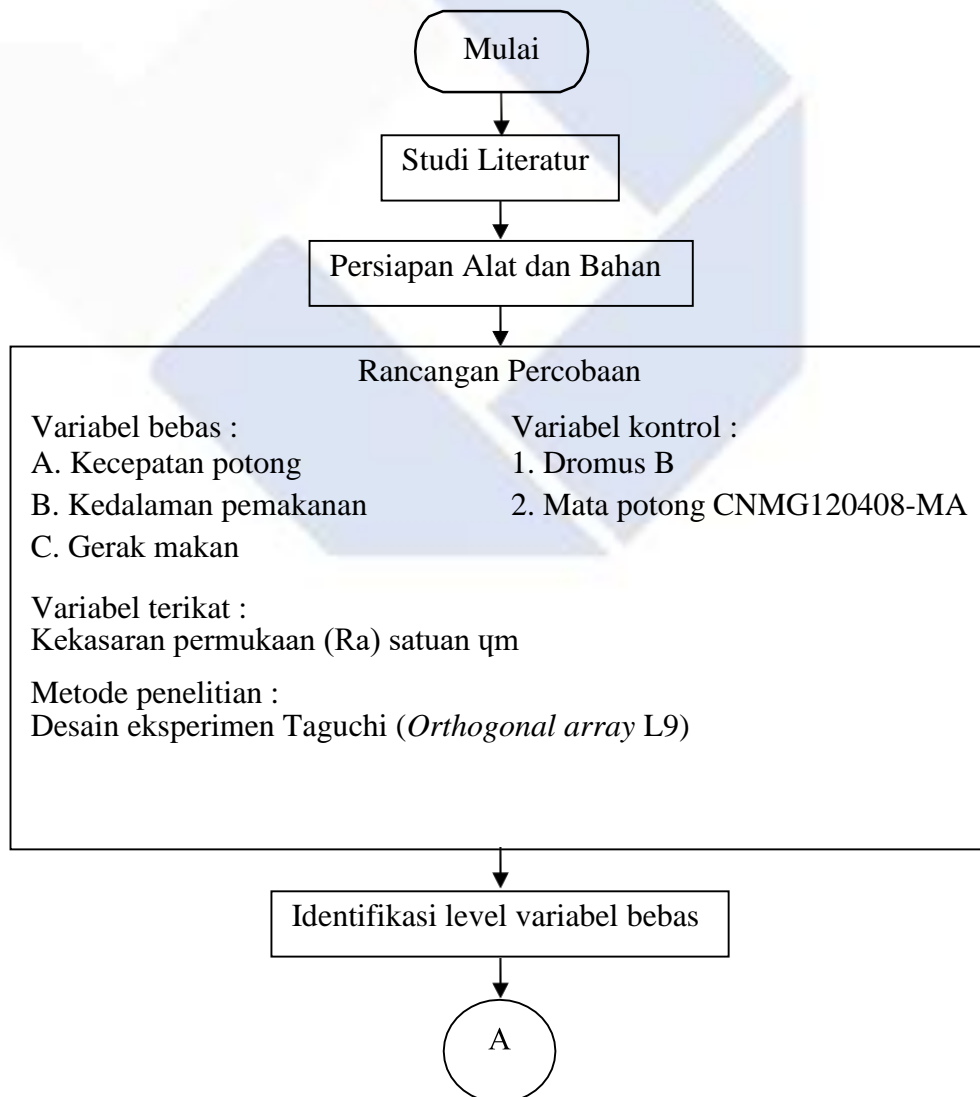
$$\mu = \frac{SS'_{faktor}}{\square\square_T} \times 100\% \quad (2.10)$$

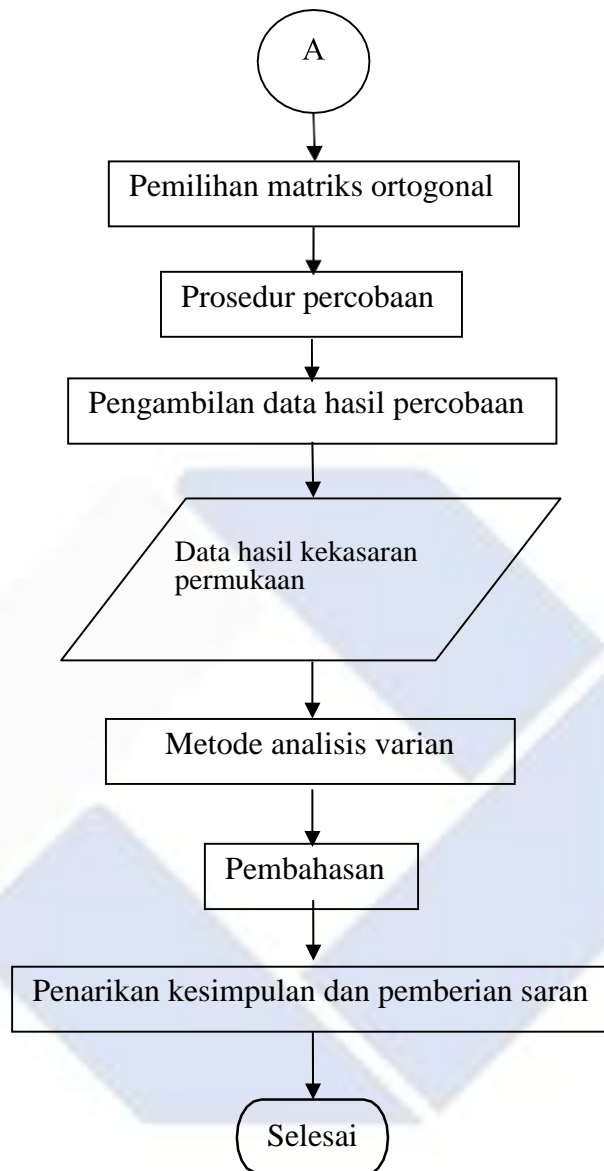
BAB III

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 7. diagram alir sebagai berikut :





Gambar 7. Diagram alir penelitian

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 8. 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

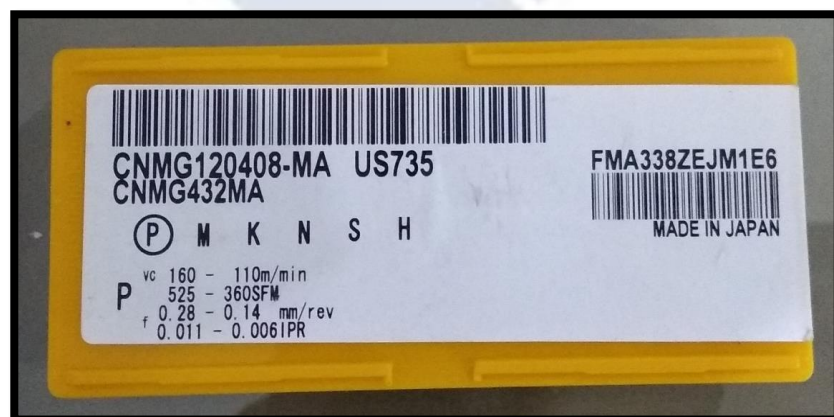
efektif dan efisien. Insert mata potong pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 9. sebagai berikut :



Gambar 9. Mata potong *insert carbide*

Spesifikasi pada mata potong yang digunakan pada penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 10. 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 10. 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 11. sebagai berikut :



Gambar 11. *Surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210

Spesifikasi *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 dapat dilihat pada Tabel 8. berikut :

Tabel 8. *Surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210

<i>Drive unit</i>	
<i>Speed</i>	<i>Measuring</i> : 0,25 mm/s, 0,5 mm/s (0,1"/s, 0,2"/s) <i>Returning</i> : 0,8 mm/s (0,3"/s)
<i>Measuring range (x-axis)</i>	12,5 mm
<i>Mass</i>	190 g
<i>Standar pole</i>	Code No. 178-395
<i>Measuring range</i>	350 μm (-200 μm to + 150 μm)
<i>Stylus</i>	<i>Diamond cone</i>
<i>Skid radius</i>	40 mm
<i>Roughness variabels</i>	Ra, Ry, Rz, Rq, S, Sm, Pc, R3z, Mr, Rt, Rk, Rpk, Mrl, Mr2, A1, A2, vo (<i>use-difined</i>)
<i>Roughness standart</i>	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 0,02 mm ditunjukkan pada Gambar 12. sebagai berikut :

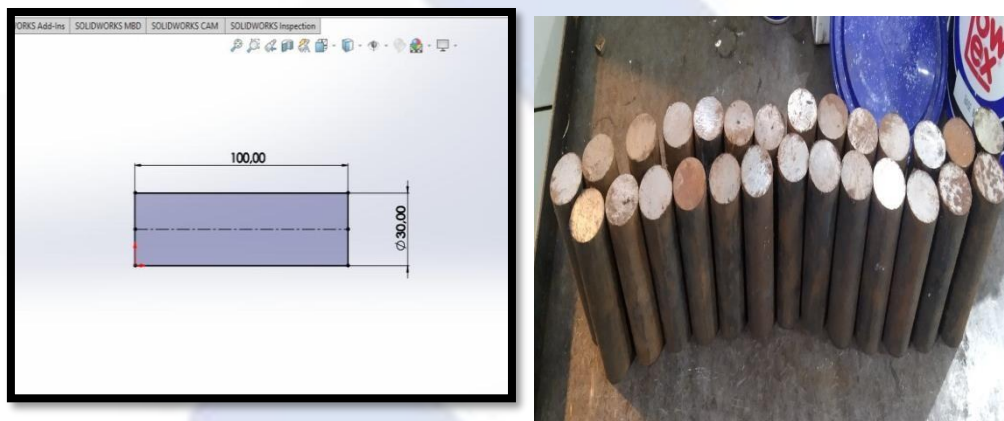


Gambar 12. Jangka Sorong ketelitian 0,02 mm

3.3.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja AISI 4340. Pemilihan baja AISI 4340 karena baja ini banyak digunakan sebagai bahan dalam pembuatan komponen-komponen permesinan. Spesimen baja AISI 4340 yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan ukuran panjang 100 mm dengan diameter 30 mm dapat ditunjukkan pada Gambar 13.

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



Gambar 13. Ukuran dan bentuk material

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Terikat (*Dependent Variabel*)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel leluasa sepanjang percobaan. Ada pula variabel terikat dalam riset ini merupakan tingkatan kekasaran permukaan barang kerja hasil pembubutan CNC, dinyatakan dalam Roughness Average(Ra) merupakan kekasaran permukaan dengan satuan μm (mikron meter).

3.4.2 Variabel Bebas (*Independent Variabel*)

Variabel bebas adalah variabel yang pengaruhi pergantian pada variabel terikat. Ada pula variabel leluasa dalam riset ini merupakan alterasi kecepatan potong, kedalaman pemakanan serta gerak makan bisa dilihat pada tabel 9. dibawah ini :

Tabel 9. Daftar variabel bebas dan level

<i>Kode</i>	<i>Variabel Bebas</i>	<i>Level</i>		
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>A</i>	<i>Kecepatan Potong (m/menit)</i>	<i>130</i>	<i>145</i>	<i>160</i>
<i>B</i>	<i>Kedalaman Pemakanan (mm)</i>	<i>0,40</i>	<i>0,70</i>	<i>1</i>
<i>C</i>	<i>Gerak Makan (mm/put)</i>	<i>0,25</i>	<i>0,40</i>	<i>0,55</i>

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan. Adapun variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah mata potong insert carbide dan dromus B dapat dilihat pada Tabel 10. dibawah ini :

Tabel 10. Daftar variabel kontrol dan level

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

3.4.4 Noise

Noise ialah variabel kendala yang mempunyai pengaruh terhadap reaksi, namun sangat susah buat dikendalikan. Variabel-variabel yang bisa dijadikan *noise* dalam riset ini merupakan posisi pengukuran kekasaran permukaan barang uji. Aspek ini diseleksi sebab sukar mengendalikan posisi kekasaran permukaan yang diukur karena berbeda serta terpisah. Sehingga buat menanggulangi pengaruh *noise* pada hasil riset dicoba pengambilan informasi dengan 3 kali replikasi/ 3 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 variabel bebas dan jumlah level yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 10. Sehingga dapat dilakukan perhitungan derajat kebebasan untuk menentukan *matriks Ortogonal* yang digunakan. Hasil perhitungan derajat kebebasan dapat dilihat pada Tabel 11. dibawah ini :

Tabel 11. Total derajat kebebasan variabel bebas

No	Variabel bebas	Jumlah level (k)	vn (k-1)
1	Kecepatan Potong (<i>m/menit</i>)	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. *Matriks Ortogonal* $L_9(3^4)$ yaitu jenis L_9 memiliki 4 kolom atau faktor dan 9 baris yang mampu digunakan untuk empat buah faktor variabel bebas dengan tiap-tiap variabel memiliki 3 level. Rancangan eksperimen untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 12. dibawah ini :

Tabel 12. Rancangan eksperimen berdasarkan *Matriks Ortogonal L9*

No	Variabel Permesinan		
	Kecepatan	Kedalaman	Gerak
	Potong	Pemakanan	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 variabel 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 4340 ditunjukkan pada Gambar 14. sebagai berikut:



Gambar 14. Baja AISI 4340

- Menyiapkan peralatan pendukung lainnya yang diperlukan dalam penelitian yang ditunjukkan pada Gambar di bawah ini sebagai berikut:



Gambar 16. a. Hand Chuck



Gambar 15. b. Obeng

Kegunaan alat pendukung lainnya dalam penelitian ini dapat dijelaskan pada Tabel 13. dibawah ini :

Tabel 13. Alat pendukung dalam penelitian dan kegunaannya

Gambar	Alat Pendukung	Kegunaan
15. a.	<i>Handel Chuck</i>	Sebagai batas pengukur saat pencekaman benda kerja
16.b.	Obeng	Untuk memasangkan dan melepaskan mata potong

2. Proses pemesinan bubut CNC

- Membuat pemograman CNC benda kerja sesuai dengan setting variabel yang telah ditentukan dengan kombinasi Orthogonal $L_9 (3^3)$.

- Pemasangan benda kerja pada pencekaman dengan posisi yang tepat ditunjukkan seperti Gambar 17. sebagai berikut :



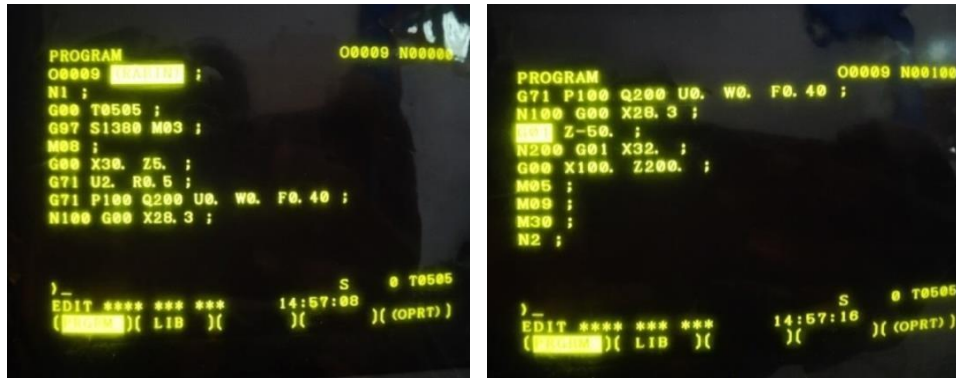
Gambar 17. Pemasangan benda kerja

- Pemasangan insert pada holder mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25, menggunakan *insert carbide* CNMG120408-MA ditunjukkan pada Gambar 18. sebagai berikut :



Gambar 18. Pemasangan *insert carbide* CNMG120408-MA

- Menyalakan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25 dan setting variabel-variabel proses kemudian masukan nilai variabel pada program untuk penyayatan benda kerja sepanjang 50 mm sesuai dengan kombinasi variabel yang telah ditentukan. Seperti contoh dapat ditunjukkan pada Gambar 19. sebagai berikut :



Gambar 19. Setting variabel sesuai dengan kombinasi

- Proses pembubutan benda kerja sesuai dengan nilai variabel 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 20. sebagai berikut :



Gambar 20. Benda kerja setelah diproses 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 di bawah ini sebagai berikut :



Gambar 22 a. *V-Block*



Gambar 21 b. *Holder dial*

Kegunaan alat pendukung lainnya dalam proses pengukuran kekasaran permukaan dalam penelitian ini dapat dijelaskan pada Tabel 14. dibawah ini :

Tabel 14. Alat pendukung dalam pengukuran kekasaran dan kegunaanya

Gambar	Nama alat	Kegunaan
22 a.	<i>V-Block</i>	Sebagai tempat dudukan benda kerja saat proses pengukuran
21 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 23 sebagai berikut :



Gambar 23. 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 24. sebagai berikut :



Gambar 24. Setting ketinggian benda kerja dengan 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 25. sebagai berikut :

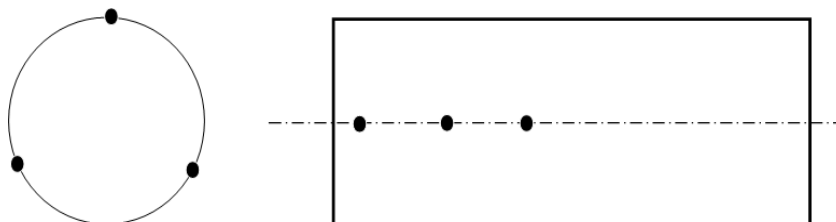


Gambar 25. Skema proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja

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 variabel 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 26. sebagai berikut :



Gambar 26. 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 15. dibawah ini :

Tabel 15. Data hasil percobaan pengukuran kekasaran

No	Variabel Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan			Rata - rata
	Kecepatan Potong (m/menit)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Gerak Makan (mm/put)	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	
1	1	1	1	X1.1	X1.2	X1.3	X1
2	1	2	2	X2.1	X2.2	X2.3	X2
3	1	3	3	X3.1	X3.2	X3.3	X3
4	2	1	2	X4.1	X4.2	X4.3	X4
5	2	2	3	X5.1	X5.2	X5.3	X5
6	2	3	1	X6.1	X6.2	X6.3	X6
7	3	1	3	X7.1	X7.2	X7.3	X7
8	3	2	1	X8.1	X8.2	X8.3	X8
9	3	3	2	X9.1	X9.2	X9.3	X9

3.9 Metode Analisis

Dalam penelitian ini metode analisis yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Varians Taguchi

Analisis varian merupakan metode yang digunakan buat menganalisis informasi yang sudah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistik. Analisis ini ialah metode dengan menguraikan segala total variabel yang diteliti. Buat analisis varians 2 arah merupakan informasi eksperimen yang terdiri dari 3 variabel ataupun lebih serta 3 tingkat ataupun lebih.

2. Analisis Varians (ANOVA) dua Arah:

Analisis varians ialah metode menganalisis dengan menguraikan segala (total) variansi atas bagian- bagian yang diteliti. Buat analisis varians 2 arah

digunakan buat informasi eksperimen yang terdiri dari 3 aspek ataupun lebih serta 3 tingkat ataupun lebih.

3. Menghitung rasio S/N variabel 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:

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

dimana: n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

4. Menentukan variabel respon yang optimal

Penentuan kondisi variabel respon yang optimal dengan cara membuat tabel variabel respon untuk memudahkan pemilihan level dari variabel 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 variabel kendali pengaruh secara signifikan terhadap suatu respon. Pengujian bahwa adanya pengaruh faktor atau variabel 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:

$$\square = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{\square_{\text{T}}} \times 100\%$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan variabel-variabel proses yang terdapat pada mesin CNC MORI SEIKI SL-25. Adapun variabel-variabel proses yang diduga berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan adalah kecepatan potong (A) dengan level nilai 130 m/menit, 145 m/menit dan 160 m/menit, kedalaman pemakanan (B) dengan level nilai 0,40 mm, 0,70 mm dan 1 mm dan gerak makan (C) dengan level nilai 0,25 mm/put, 0,40 mm/put dan 0,55 mm/put. Pengolahan data yang dilakukan dengan cara perhitungan eksperimen metode taguchi dengan menggunakan software minitab 16. Berikut data hasil percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 16. dibawah ini :

Tabel 16. Data awal hasil pengukuran kekasaran

No.	Bidang	A	B	C	Rata-rata			Jumlah rata-rata
					1	2	3	
1.1	1	1,751	1,586	1,672	1,669			1,612
	2	1,771	1,547	1,484	1,600			
	3	1,665	1,453	1,588	1,568			
1.2	1	1,589	1,475	1,637	1,567			1,492
	2	1,461	1,393	1,535	1,463			
	3	1,542	1,344	1,454	1,446			
1.3	1	1,540	1,478	1,669	1,562			1,560
	2	1,566	1,793	1,349	1,569			
	3	1,471	1,646	1,535	1,550			
Rata-rata kekasaran eksperimen 1							1,554	
2.1	1	4,390	3,685	3,793	3,956			3,877
	2	3,975	4,107	3,645	3,909			
	3	4,352	3,534	3,412	3,766			

Tabel 4.1 Data awal hasil pengukuran kekasaran (Lanjutan)						
2.2	2	3,746	3,584	4,396	3,908	3,869
	1	3,580	3,028	4,771	3,832	
	3	3,698	4,028	3,771	3,832	
2.3	1	3,885	4,273	3,627	3,928	3,847
	2	3,782	4,012	3,545	3,779	
	3	3,708	3,544	4,250	3,834	
Rata-rata kekasaran eksperimen 2						3,864
3.1	1	2,350	2,072	1,886	2,102	2,108
	2	2,105	1,925	2,415	2,148	
	3	1,998	2,210	2,015	2,074	
3.2	1	1,973	1,794	1,884	1,883	2,028
	2	1,880	2,128	2,102	2,036	
	3	1,776	2,316	2,410	2,167	
3.3	1	1,883	2,073	2,127	2,027	2,007
	2	1,650	2,145	1,945	1,913	
	3	1,785	2,244	2,220	2,083	
Rata-rata kekasaran eksperimen 3						2,047
4.1	1	2,406	2,113	2,059	2,192	2,156
	2	2,371	1,817	2,452	2,213	
	3	2,006	2,231	1,960	2,065	
4.2	1	2,289	2,144	2,039	2,157	2,219
	2	2,026	2,384	2,434	2,281	
	3	2,329	2,120	2,208	2,219	
4.3	1	2,480	2,373	2,227	2,360	2,323
	2	2,261	2,198	2,345	2,268	
	3	2,330	2,244	2,450	2,341	
Rata-rata kekasaran eksperimen 4						2,232
5.1	1	1,218	1,189	1,165	1,190	1,178
	2	1,315	1,145	1,223	1,227	

	3	1,103	1,217	1,038	1,119	
5.2	1	1,124	1,325	1,225	1,224	

Tabel 4.1 Data awal hasil pengukuran kekasaran (Lanjutan)

	2	1,194	1,351	1,094	1,213	
	3	1,251	1,119	1,355	1,241	1,226
5.3	1	1,230	1,173	1,127	1,176	
	2	1,161	1,197	1,345	1,234	1,218
	3	1,320	1,184	1,230	1,244	
		Rata-rata kekasaran eksperimen 5				1,207
6.1	1	3,295	2,995	3,446	3,245	
	2	3,144	2,983	2,667	2,931	3,103
	3	2,987	3,318	3,102	3,135	
6.2	1	2,992	3,013	2,746	2,917	
	2	2,373	3,141	2,941	2,818	2,914
	3	2,759	3,227	3,035	3,007	
6.3	1	3,350	2,773	2,927	3,016	
	2	3,161	2,597	2,949	2,902	3,020
	3	2,935	3,244	3,250	3,143	
		Rata-rata kekasaran eksperimen 6				3,012
7.1	1	0,691	0,473	0,527	0,563	
	2	0,561	0,397	0,445	0,467	0,508
	3	0,592	0,344	0,551	0,495	
7.2	1	0,607	0,589	0,712	0,636	
	2	0,658	0,494	0,505	0,552	0,600
	3	0,628	0,514	0,697	0,613	
7.3	1	0,641	0,473	0,527	0,547	
	2	0,561	0,597	0,615	0,591	0,588
	3	0,630	0,544	0,710	0,628	

		Rata-rata kekasaran eksperimen 7				0,565
8.1	1	0,641	0,592	0,584	0,605	
	2	0,535	0,620	0,578	0,577	0,616
	3	0,785	0,567	0,648	0,666	
Tabel 4.1 Data awal hasil pengukuran kekasaran (Lanjutan)						
8.2	1	0,869	0,678	0,716	0,754	
	2	0,946	0,816	0,681	0,814	0,791
	3	0,787	0,907	0,725	0,806	
8.3	1	1,008	0,873	0,927	0,936	
	2	0,861	1,090	0,745	0,898	0,952
	3	0,980	0,991	1,101	1,024	
		Rata-rata kekasaran eksperimen 8				0,786
9.1	1	0,607	0,754	0,865	0,742	
	2	0,861	0,769	0,792	0,807	0,786
	3	0,728	0,894	0,813	0,811	
9.2	1	0,838	0,723	0,819	0,793	
	2	0,766	0,850	0,794	0,803	0,803
	3	0,806	0,863	0,771	0,813	
9.3	1	0,668	0,873	0,727	0,756	
	2	0,809	0,797	0,645	0,750	0,756
	3	0,795	0,844	0,650	0,763	
		Rata-rata kekasaran eksperimen 9				0,781

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2 Analisis Varians Taguchi

4.2.1 Perhitungan Mean Terhadap Respon

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

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

Dari persamaan di atas didapatkan nilai rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 17. berikut :

Tabel 17. Data hasil pengukuran kekasaran

No	Variabel Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan			
	A	B	C	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata
1	1	1	1	1,612	1,492	1,560	1,554
2	1	2	2	3,877	3,869	3,847	3,864
3	1	3	3	2,108	2,028	2,007	2,047
4	2	1	2	2,156	2,219	2,323	2,232
5	2	2	3	1,178	1,226	1,218	1,207
6	2	3	1	3,103	2,914	3,020	3,012
7	3	1	3	0,508	0,600	0,588	0,565
8	3	2	1	0,616	0,791	0,952	0,786
9	3	3	2	0,786	0,803	0,756	0,781
Rata-rata							1,902

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 18. Data hasil pengukuran kekasaran dengan *Software* analisis

Worksheet1 ***						
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Kecepatan Potong	Kedalaman Pemakanan	Gerak Makan	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3
1	130	0,4	0,25	1,612	1,492	1,560
2	130	0,7	0,40	3,877	3,869	3,847
3	130	1,0	0,55	2,108	2,028	2,007
4	145	0,4	0,25	2,156	2,219	2,323
5	145	0,7	0,40	1,178	1,226	1,218
6	145	1,0	0,55	3,103	2,914	3,020
7	160	0,4	0,25	0,508	0,600	0,588
8	160	0,7	0,40	0,616	0,791	0,952
9	160	1,0	0,55	0,786	0,803	0,756

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 18. dapat dicari nilai efek dari mean pada tiap variabel dan berikut diperoleh hasil perhitungan efek dapat dilihat berikut ini:

Respon variabel terhadap *mean*

Taguchi Analysis: Replikasi 1; Replikasi 2; Replikasi 3 versus Kecepatan Po; Kedalaman Pe; .

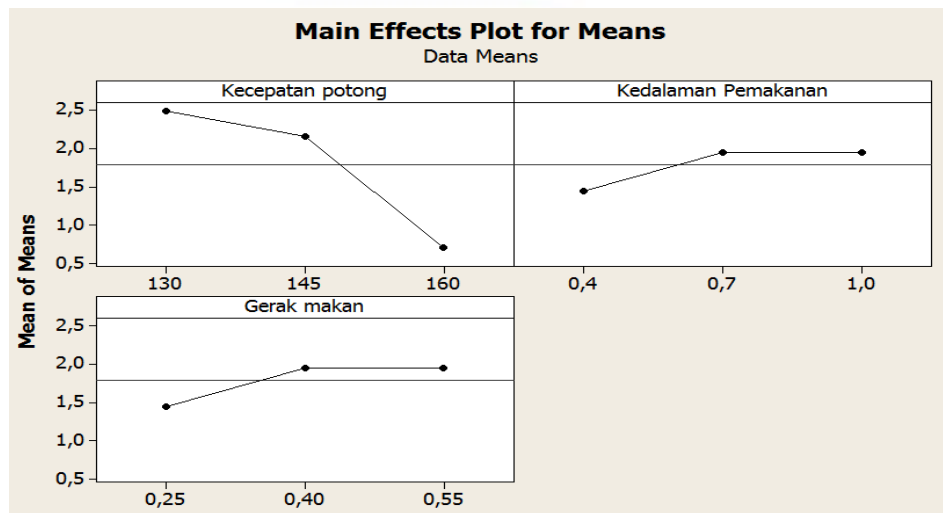
Smaller is better
Response Table for Means

	Kecepatan potong	Kedalaman Pemakanan	Gerak makan
Level 1	2,4889	1,4509	1,4509
Level 2	2,1508	1,9527	1,9527
Level 3	0,7111	1,9472	1,9472
Delta	1,7778	0,5018	0,5018
Rank	1	2,5	2,5

Sumber : Hasil Perhitungan *Software Analisis*

Dari rata-rata respon tiap variabel pada setiap level dapat ditentukan rank atau peringkat variabel yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Urutan variabel yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan selisih nilai yaitu 1,7778, kedalaman pemakanan dengan nilai yaitu 0,5018 dan terakhir adalah gerak makan dengan nilai yaitu 0,5018.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dibuat grafik untuk memperlihatkan kekasaran permukaan yang terkecil pada masing-masing level untuk setiap variabel terhadap nilai rata-rata yang ditunjukkan pada Gambar 27. :



Gambar 27. Grafik kekasaran rata-rata untuk masing-masing level variabel

4.2.2 Perhitungan Langsung Rata-rata Terhadap Respon

Perhitungan kombinasi level dari variabel 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) :

$$A1 = 1/3 (1,554 + 3,864 + 2,047) = 2,488$$

$$A2 = 1/3 (2,232 + 1,207 + 3,012) = 2,150$$

$$A3 = 1/3 (0,565 + 0,786 + 0,781) = 0,710$$

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

$$B1 = 1/3 (1,554 + 2,232 + 0,565) = 1,450$$

$$B2 = 1/3 (3,864 + 1,207 + 0,786) = 1,952$$

$$B3 = 1/3 (2,047 + 3,012 + 0,781) = 1,946$$

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

$$C1 = 1/3 (1,554 + 3,012 + 0,786) = 1,784$$

$$C2 = 1/3 (3,864 + 2,232 + 0,781) = 2,292$$

$$C3 = 1/3 (2,047 + 1,207 + 0,565) = 1,273$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari pengaruh faktor terhadap respon kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 19. dibawah ini :

Tabel 19. Respon rata-rata variabel terhadap hasil kekasaran permukaan

Respon rata-rata dari pengaruh variabe			
Level	A	B	C
Level 1	2,488	1,450	1,784
Level 2	2,150	1,952	2,292
Level 3	0,710	1,946	1,273
Selisih	1,778	0,502	1,019
Peringkat	1	3	2

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 19. hasil respon rata-rata kekasaran permukaan pada masing-masing level dari variabel proses, maka dapat ditentukan untuk prediksi kombinasi variabel-variabel proses yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan nilai selisih yaitu 1,778, kedua kedalaman pemakanan yang memiliki pengaruh paling kecil dengan nilai selisih yaitu 0,502, ketiga gerak makan dengan nilai selisih yaitu 1,019.

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 variabel 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 3 kali, maka perhitungan rasio S/N dapat dilihat di bawah ini :

Pada eksperimen ke 1:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{3} (1,612^2 + 1,492^2 + 1,560^2) \right) = - 3,8369$$

Pada eksperimen ke 2:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (3,877^2 + 3,869^2 + 3,847^2) \right) = -11,7415$$

Pada eksperimen ke 3:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (2,108^2 + 2,028^2 + 2,007^2) \right) = -6,2271$$

Pada eksperimen ke 4:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (2,156^2 + 2,219^2 + 2,323^2) \right) = -6,9806$$

Pada eksperimen ke 5:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (1,178^2 + 1,226^2 + 1,218^2) \right) = -1,6379$$

Pada eksperimen ke 6:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (3,103^2 + 2,914^2 + 3,020^2) \right) = -9,5809$$

Pada eksperimen ke 7:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (0,508^2 + 0,600^2 + 0,588^2) \right) = 4,9322$$

Pada eksperimen ke 8:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (0,616^2 + 0,791^2 + 0,952^2) \right) = 1,9579$$

Pada eksperimen ke 9:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (0,786^2 + 0,803^2 + 0,756^2) \right) = 2,1374$$

Hasil perhitungan rasio S/N yang diperoleh untuk respon yang diamati dapat dilihat pada Tabel 20. dibawah ini :

Tabel 20. Hasil perhitungan rasio S/N untuk respon

No	Variabel Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan			
	A	B	C	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	S/N
1	1	1	1	1,612	1,492	1,560	- 3,8369
2	1	2	2	3,877	3,869	3,847	- 11,7415
3	1	3	3	2,108	2,028	2,007	- 6,2271
4	2	1	2	2,156	2,219	2,323	- 6,9806
5	2	2	3	1,178	1,226	1,218	- 1,6379
6	2	3	1	3,103	2,914	3,020	- 9,5809
7	3	1	3	0,508	0,600	0,588	4,9322
8	3	2	1	0,616	0,791	0,952	1,9579
9	3	3	2	0,786	0,803	0,756	2,1374
Rata-rata							-3,4419

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 20. dapat dicari nilai dari rasio S/N pada tiap variabel dan berikut diperoleh hasil perhitungan respon dapat dilihat dibawah ini :

Respon rasio S/N variabel terhadap *mean*

Taguchi Analysis: Replikasi 1; Replikasi 2; Replikasi 3 versus Kecepatan Po; Kedalaman Pe; .

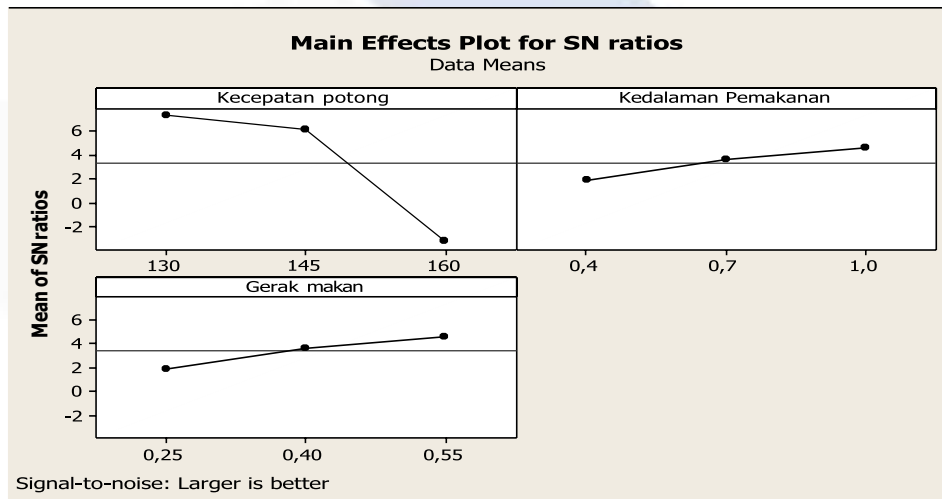
Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

	Kecepatan Kedalaman Gerak		
Level	potong	Pemakanan	makan
1	7,260	1,919	1,919
2	6,055	3,624	3,624
3	-3,225	4,547	4,547
Delta	10,485	2,628	2,628
Rank	1	2,5	2,5

Sumber : Hasil Perhitungan *Software* Analisis

Dari rasio S/N tiap variabel pada setiap level terhadap respon dapat ditentukan peringkat atau rank yang paling berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan. Urutan variabel yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan selisih nilai yaitu 10,485 kedalaman pemakanan dengan nilai yaitu 2,628 dan gerak makan dengan selisih nilai yaitu 2,628.

Berdasarkan Tabel 18. dapat dibuat grafik untuk memperlihatkan nilai rasio S/N yang terkecil pada masing-masing level untuk setiap variabel yang ditunjukkan pada Gambar 28. :



Gambar 28. Grafik respon rasio S/N untuk masing-masing level variabel

Berdasarkan Gambar 30. grafik hasil respon nilai rasio S/N terhadap kekasaran permukaan pada masing-masing level dari variabel proses, maka dapat ditentukan untuk prediksi kombinasi variabel-variabel proses yang menghasilkan respon optimal. Kombinasi variabel-variabel proses untuk respon optimal dapat dilihat pada Tabel 21. dibawah ini :

Tabel 21. Respon rasio S/N variabel terhadap hasil kekasaran permukaan

Variabel Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Kecepatan Potong	Level 1	130 m/menit
Kedalaman Pemakanan	Level 3	1,0 mm
Gerak Makan	Level 3	0,55 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 variabel dapat dilihat di bawah ini :

$$A1 = 1/3 (-3,8369 + -11,7415 + -6,2271) = -7,2685$$

$$A2 = 1/3 (-6,9806 + -1,6379 + -9,5809) = -6,0665$$

$$A3 = 1/3 (4,9322 + 1,9579 + 2,1374) = 3,0092$$

$$B1 = 1/3 (-3,8369 + -6,9806 + 4,9322) = -1,9618$$

$$B2 = 1/3 (-11,7415 + -1,6379 + 1,9579) = -3,8072$$

$$B3 = 1/3 (-6,2271 + -9,5809 + 2,1374) = -4,5569$$

$$C1 = 1/3 (-3,8369 + -9,5809 + 1,9579) = -3,8200$$

$$C2 = 1/3 (-11,7415 + -6,9806 + 2,1374) = -5,5282$$

$$C3 = 1/3 (-6,2271 + -1,6379 + 4,9322) = -0,9776$$

Untuk ketiga variabel utama yang diamati yaitu kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan pengaruh variabelnya dapat dilihat pada Tabel 22. dibawah ini :

Tabel 22. Respon rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh variabel

Rasio S/N dari pengaruh variabel			
Level	A	B	C
Level 1	-7,2685	-1,9618	-3,8200
Level 2	-6,0665	-3,8072	-5,5282
Level 3	3,0092	-4,5569	-0,9776
Selisih	9,0757	2,5951	4,5506
Peringkat	1	3	2

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 22. respon rasio S/N pada setiap level terhadap respon kekasaran permukaan dapat ditentukan peringkat atau rank yang paling berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan. Urutan variabel yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan selisih nilai yaitu 9,0757, kedalaman pemakanan yang memiliki pengaruh paling kecil dengan selisih nilai yaitu 2,5951, gerak makan dengan selisih nilai yaitu 4,5506.

4.3 Analisis Varian Rasio S/N

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

Hasil Anova

General Linear Model: S/N versus Kecepatan po; Kedalaman Pe; Gerak makan

Factor	Type	Levels	Values
Kecepatan potong	fixed	3	130; 145; 160
Kedalaman Pemakanan	fixed	3	0,4; 0,7; 1,0
Gerak makan	fixed	3	0,25; 0,40; 0,55

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

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Kecepatan Potong	2	191,46	191,46	95,732	6,67	0,130
Kedalaman Pemakanan	2	10,69	10,69	5,343	0,37	0,729
Gerak Makan	2	31,70	31,70	15,851	1,10	0,475
Error	2	28,71	28,71	14,354		
Total	8	262,56				

S = 1,1345 R-Sq = 74,20% R-Sq(adj) = 0,00%

Sumber : Hasil Perhitungan *software* Analisis

Berdasarkan hasil *anova* didapatkan keputusan uji *hipotesis* dengan menggunakan distribusi F test dapat dilihat pada Tabel 23. dibawah ini:

Tabel 23. Keputusan Uji

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F Tabel (0,05;2;17)	Keputusan Uji
Kecepatan Potong	6,67		H1 ditolak
Kedalaman Pemakanan	0,37	3,59	H0 diterima
Gerak Makan	1,10		H0 diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisis :

Apabila nilai sig > dari 3,59 maka F-Test H1 ditolak, artinya terdapat pengaruh yang signifikan pada kecepatan potong variabel tersebut terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Dari kedua variabel yang H0 diterima, artinya tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada kedalaman pemakanan dan gerak makan pada setiap levelnya dapat dilihat level mana yang memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan yang paling baik dapat dilihat dibawah ini :

Perbandingan level dari kecepatan potong terhadap respon S/N

Kecepatan Potong	N	Mean	Grouping
130	3	-3,44193	A
160	3	-3,44193	A
145	3	-3,44197	A

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable S/N

All Pairwise Comparisons among Levels of Kecepatan Potong

Kecepatan Potong = 145 subtracted from:

Kecepatan Potong	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
130	-0,00004	2,45	-0,00	1,000
160	0,00004	2,45	0,00	1,000

Kecepatan Potong = 130 subtracted from:

Kecepatan Potong	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
160	0,00008	2,45	0,00	1,000

Sumber : Hasil Perhitungan *software* Analisis

Dapat dilihat bahwa ketiga level variabel kecepatan potong terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai kekasaran permukaan adalah level (160). Hal ini dapat dilihat dari *Difference of Means* yang paling besar dengan nilai 0,00004.

Perbandingan level dari kedalaman pemakanan terhadap respon S/N

Kedalaman

Pemakanan N Mean Grouping

1,0	3	-0,84177	A
0,4	3	-4,35010	A
0,7	3	-5,13397	A

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable S/N

All Pairwise Comparisons among Levels of Kedalaman Pemakanan
Kedalaman Pemakanan = 1,0 subtracted from:

Kedalaman Pemakanan	Difference of Means	SE of Difference	Adjusted T-Value	P-Value
0,4	4,29	2,45	1,75	0,373
0,7	3,51	2,45	1,43	0,471

Kedalaman Pemakanan = 0,1 subtracted from:

Kedalaman Pemakanan	Difference of Means	SE of Difference	Adjusted T-Value	P-Value
0,4	0,78	2,45	0,32	0,947

Sumber : Hasil Perhitungan *software* Analisis

Dapat dilihat bahwa ketiga level variabel kedalaman pemakanan terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai kekasaran permukaan adalah level (1,0). Hal ini dapat dilihat karena nilai *Difference of Means* level (0,4) dan level (0,7) menunjukkan nilai negatif masing-masing yaitu (4,29) dan (3,51).

Perbandingan level dari gerak makan terhadap respon S/N

Gerak

Makan	N	Mean	Grouping
0,55	3	-1,53933	A
0,40	3	-3,00197	A
0,25	3	-5,78453	A

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable S/N

All Pairwise Comparisons among Levels of Gerak Makan
Gerak Makan = 0,40 subtracted from:

Gerak Makan	Difference of Means	SE of Difference	Adjusted T-Value	P-Value
0,40	4,5413	2,45	1,73	0,378
0,25	2,78256	2,45	1,13	0,586

Gerak Makan = 0,25 subtracted from:

Gerak Makan	Difference of Means	SE of Difference	Adjusted T-Value	P-Value
0,25	1,75874	2,45	0,6	0,836

Sumber : Hasil Perhitungan *software* Analisis

dapat dilihat bahwa ketiga level variabel gerak makan terhadap respon variabel 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 4,5413.

4.4 Persen Kontribusi

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

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

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_E(V_A) \\ &= 191,46 - (14,354 \times 2) \\ &= 162,752 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\ &= 10,69 - (14,354 \times 2) \\ &= -18,018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_C &= SS_C - MS_E(V_C) \\ &= 31,70 - (14,354 \times 2) \\ &= 2,992 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\ &= 262,56 - 162,752 - (-18,018) - 2,992 \\ &= 114,834 \end{aligned}$$

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

$$\square \square \square \square \square \frac{SS'_{\text{faktor}}}{\square \square_T} \square \times 100\% \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} \square \square &= \frac{162,752}{262,56} \times 100\% \\ &= 61,98\% \end{aligned}$$

$$\square \square = \frac{-18,018}{262,56} \times 100\%$$

$$= -6,86\%$$

$$\square\square = \frac{2,992}{262,56} \times 100\%$$

$$= 1,13\%$$

$$\square\square = \frac{114,834}{263,56} \times 100\%$$

$$= 43,73\%$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada tabel 24. dibawah ini :

Tabel 24. Persen kontribusi rasio S/N

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio	P-Value	□ %
A	2	191,46	95,732	6,67	0,130	61,98%
B	2	10,69	5,343	0,37	0,729	-6,86%
C	2	31,70	15,851	1,10	0,475	1,13%
Error	2	28,71	14,354			43,73%
Total	8	262,56	-			

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 24. perhitungan persen kontribusi variabel di atas menunjukkan bahwa faktor A (kecepatan potong) memiliki kontribusi yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan variabel kedalaman pemakanan dan gerak makan yaitu sebesar 61,98%. Kontribusi kedua yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah faktor C (gerak makan) yaitu sebesar 1,13%. Dan kontribusi ketiga yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah faktor B (kedalaman pemakanan) yaitu sebesar -6,86%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis yang telah dilakukan oleh peneliti pada bab sebelumnya mengenai judul Analisis Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 4340 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 variabel yang dipilih pada *variasi* proses pemesinan yaitu kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan gerak makan. Dimana variabel kecepatan potong memberikan pengaruh kontribusi sebesar 61,98%. Kedua yaitu variabel gerak makan yang memberikan pengaruh kontribusi sebesar 1,13%. Dan yang terakhir adalah variabel kedalaman pemakanan memberikan pengaruh kontribusi sebesar -6,86%.
2. Pengaturan setting variabel pada proses pemesinan bubut CNC untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah pada material baja AISI 4340 dapat diperoleh dengan variasi variabel kecepatan potong 130 m/menit (faktor A level 1), kedalaman pemakanan 1,00 mm (faktor B level 3) dan gerak makan 0,55 mm/put (faktor C level 3).

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas dapat dikemukakan beberapa saran-saran yang akan diberikan sebagai berikut :

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk mencari nilai kekasaran yang lebih halus dengan memvariasikan faktor yang telah dikemukakan di penelitian ini agar mendapatkan nilai maksimal.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan selain metode taguchi seperti ; misalnya metode RSM sebagai perbandingan terhadap respon.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Zubaidi, I. Syafat, dan Darmanto. (2012). Analisis pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan material FCD 40 pada mesin bubut CNC. *momentum*, 40-47.
- Apreza, S., Kurniawan, Z., & Subhan, M. (2017, Juni). Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Pembubutan Baja St.42 Dengan Menggunakan Metode *Taguchi*. *Jurnal Manutech*, 9, 76-85.
- Arifin, A. (2017, Desember 25). Pengetahuan Dasar mesin Bubut CNC. Dipetik Januari 10, 2021, dari https://achmarifin-com.cdn.ampproject.org/v/s/achmarifin.com/pengetahuan-dasar-mesin-bubut-cnc/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
- Arifin, Achmad. (2020, May 14). Variabel Pemotongan *Pada Proses* Pembubutan. Dipetik Januari 11, 2021, dari <https://achmarifin.com/variabel-pemotongan-pada-proses-pembubutan>
- Arifin, Achmad. (2020, May 14). Variabel Pemotongan Pada Proses Pembubutan. Dipetik Januari 11, 2021, dari <https://achmarifin.com/variabel-pemotongan-pada-proses-pembubutan>
- Beni Bandanadjaja, C. R. (2016). Perlakuan panas material aisi 4340 untuk menghasilkan dual phase steel ferrit-bainit.
- Beny bandanadjaja, C. r. (2016). Perlakuan panas material aisi 4340 untuk menghasilkan dual phase steel ferrit-bainit.
- Dicky A. Nugraha1), R. D. (2020). Pengaruh Metode *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Pengaruh Metode *Minimum Quantity Lubrication* (MQL), 125.
- Furqoni, M. R. (2020, November 5). Bagian Mesin CNC. Dipetik Januari 10, 2021, dari <https://teknikece.com/mesin-cnc/bagian-mesin-cnc/>
- Kurniawan, Z., Yudo, E., & Rosmansyah, R. (2018, Juni 1). Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Material *Amutit* Dengan Proses CNC *Turning* Menggunakan Desain *Taguchi*. *Jurnal Manutech*, Vol. 10, Hal.46-57.

- Munadi, S. (1988). Dasar-dasar metrologi industri. jakarta: proyek pengembangan lembaga pendidikan tenaga kependidikan.
- Nugroho, T. U. (2012). Pengaruh kecepatan pemakanan dan waktu pemberian pendingin terhadap keausan *cutterend millhss* hasil permesinan CNC milling pada baja St 40. Pengaruh kecepatan pemakanan dan waktu pemberian pendingin terhadap keausan *cutterend millhss* hasil permesinan *CNC milling pada baja St 40*, 22-96.
- Purnomo, B. (2017). Analisa Nilai Kekasaran Permukaan *Magnesium AZ31* yang Dibubut Menggunakan Pahat Putar dan Udara Dingin. Universitas Lampung, Jurusan Teknik Mesin, Bandar Lampung.
- Raul, Widiyanti, & Poppy. (2016). pengaruh variasi kecepatan potong dan kedalaman potong pada mesin bubut terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja st 41. teknik mesin.
- Rochim, T. (2001). *Sfesifikasi, Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik*. Bandung: ITB.
- Satriya Firmansyaha, H. S. (2021). Pengaruh jenis material benda kerja terhadap getaran saat proses penyayatan dan kekasaran permukaan produk yang di hasilkan dengan menggunakan mesin bubut.
- Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sumardi, O. (2017, Agustus 25). Pengertian Kekasaran Permukaan Lengkap. Dipetik Januari 12, 2021, dari <http://sweetworldcorps.blogspot.com/2017/08/pengertian-kekasaran-permukaan-lengkap.html>
- Sunyapa, B. (2016). *analisi variansi proses milling cnc* terhadap kekasaran permukaan baja st 41 dengan metode *taguchi*. jember: universitas jember.
- van, h. t. (1981). alat alat perkakas. bina cipta. bandung.
- Widarto. (2008). Teknik Pemesinan. Jakarta: Depdiknas.

LAMPIRAN 1



SeAH Besteel Corp.
1-6, SORYONG-DONG, KUNSAN,
CHEONBUK, KOREA(573-711)

MILL CERTIFICATE

TEL : +82-(0)63-460-8572, 8318(QA)
+82-(0)63-460-8114(Repres.)
FAX : +82-(0)63-460-8423 Page(0/0)

Date : 2019-07-22
Cert. No. : 201907-033128
Customer :
Heat No. : 280844

Steel Grade : AISI 4340/SNCM 439
Shape of Product : ROUND BAR
Delivery Condition : As Rolled

Size (mm) : 13 - 600
Length (mm) : 6,000
Weight (kg) :
Quantity(pcs) : 1,000

Inspection Items	Chemical Composition (wt. %)						
	C	SI	MN	CR	MO	NI	
	x 100	x 100	x 100	x 1000	x 100	x 1000	
Spec.	Min.	0.30	0.30	0.50	1.00	0.15	1.00
	Max.	0.35	0.35	0.75	1.50	0.25	1.50
	Result	0.38	0.40	0.80	1.60	0.30	1.60
Inspection Items	Product Hardness (HB)						
	SURFACE	270-320 HB	50-55 HRC				

Mechanical Properties AISI 4340/SNCM 439

Mechanical Properties	Symbol	Steel
Tensile strength (MPa)		745
Yield strength (MPa)		470
Elongation (%)		22
Hardness (HRC)		50 - 55
Density (kg/m ³)	<i>P</i>	7.850
Elastic modulus (GPa)		190 - 210
Poisson's ratio	<i>v</i>	0,27 - 0,30
Thermal expansion coefficient (µm/m°C)		12,3
Thermal conductivity (@100°C) (W/mK)		44,5
Melting Point (°C)		1.427

<<Remarks>>

B/DS : 4

End of report

We hereby certify that the material described herein has been made in accordance with the rules of the contract.

Certified by

O. Y. Cho

Manager of Quality Assurance Dept.

LAMPIRAN 2

CURRICULUM VITAE

A. Biodata Pribadi

1. Nama : Ariandi Saputra
2. jenis Kelamin : Laki-laki
3. Tempat tanggal lahir : Sungailiat 27 febuari 1996
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Belum menikah
6. Tinggi,Berat Badan : 162 cm, 67 kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : Lingkungan Nelayan II RT O3/RW 01,
Sungailiat Bangka Belitung
9. No Hp : 081367908206
10. Email : ranusaputra02@gmail.com



B. Riwayat Pendidikan

1. TK : TK Bhayangkarin Sungailiat
2. SD : SD Negeri 6 Sungailiat
3. SMP : SMP Negeri 5 Sungailiat
4. SMK : SMK Muhammadiyah Sungailiat
5. Perguruan Tinggi : POLITEKNIK MANUFAKTUR
NEGERI BANGKA BELITUNG

C. Pengalaman Organisasi

1. Himpunan Mahasiswa Mesin (HMJ) POLMAN BABEL 2019 sebagai
Ketua Humas
2. Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) POLMAN BABEL 2019 sebagai
Ketua

LAMPIRAN 3



LAMPIRAN 4

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 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


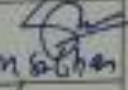
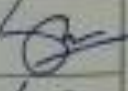
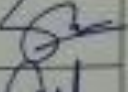
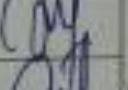
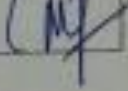
FORM PPR-3-4 Bimbingan Proyek Akhir

		FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHAP AKADEMIK 2021/2022	
JUDUL		Analisis Nilai Ketahanan permukaan material baja AISI 4340 pada proses pemrosesan Bubut CNC dengan metode Tapu CHI	
Nama Mahasiswa		Ariandi Saputra NIM 1041033	
Nama Pembimbing		1. Muhammad Subhan S.S.T, M.T. 2. Indah Rizky Pratiwi, M.Pd 3.	
Pertemuan ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	5/11/21	Pembahasan Bab 1-3	
2	23/11/21	metode pengambilan data	
3	26/11/21	Pembahasan BAB 4	
4	30/11/21	Revisi BAB 4	
5	7/12/21	Pembahasan pengelolaan data	
6	10/12/21	Pengelolaan Data	
7	11/12/21	uji Hipotesis	
8	14/12/21	BAB 5	
9	15/12/21	Kesimpulan - dan saran	
10	13/1/22	Penulisan Bab 1-5	

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil form kembali di Fakultas/Kampus Proyek Akhir

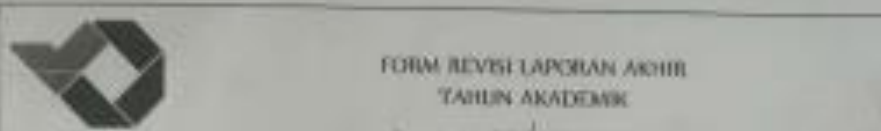
FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021 / 2022	
JUDUL		Analisa Nilai kelayakan permukaan material baya diisi 43-40 pada proses permesinan BUB ul CNC dengan metode FAGUCHI	
Nama Mahasiswa		1. Ariandi Saputra NIM 1091023 2. _____ NIM _____ 3. _____ NIM _____ 4. _____ NIM _____ 5. _____ NIM _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progres Alat	Paraf Pembimbing
1	10 / 10 / 2022	Pembahasan BAB 1-5	
2	11 / 11 / 2022	Revisi BAB 1-5	
3	12 / 12 / 2022	Siap sidang	
4	12 / 11 / 2022	Pembahasan BAB 1-5	
5	13 / 11 / 2022	Revisi BAB 1-5	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / ~~SIAP~~ (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  M. Saibani	Pembimbing 2  Indah Risty P	Pembimbing 3 (.....)

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK

JUDUL : Analisis Nilai Kekayaan Fungsi Material
bagi Area 4, 5, 7 & 8 pada Proses Perencanaan Struktur CWC
di Gedung Magasin

Nama Mahasiswa :
1. ARIANDI S NRM: _____
2. _____ NRM: _____
3. _____ NRM: _____
4. _____ NRM: _____
5. _____ NRM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
- Abstrak	
- Kata pengantar	
- Bab I	
- Bab III Struktur	
- Daftar lampiran	

Sungailat, 24-01-2022
Pengisi
[Signature]

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Yogyakarta
[Signature]
(M. Subhan)

Sungailat, 24-01-2022
Pengisi
[Signature]

FORM-PPK-3- & Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TADRIS AKADEMIK

JUDUL : Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja Nisi 4340 Pada Proses Permesinan Bubut, dan dengan Metode Taguchi

Nama Mahasiswa :
 1. Ariandi Saputra NIM: _____
 2. _____ NIM: _____
 3. _____ NIM: _____
 4. _____ NIM: _____
 5. _____ NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
<u>Koreksi Bab Abstrak = Garis makan mempunyai nilai terkecil sebesar -12,45%</u>	

Sengafiat, _____
 Penguj
M. Subhan

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
 Pembimbing

M. Subhan

Sengafiat, 31-08-2022
 Penguj

M. Subhan



User name:
Nessey

Check ID:
00212750

Check date:
17.01.2022 15:16:16 WIB

Check type:
Doc vs Internet

Report date:
17.01.2022 15:18:03 WIB

User ID:
114108

File name: **REVISI SKRIPSI**

Page count: **71** | Word count: **12276** | Character count: **82614** | File size: **4.29 MB** | File ID: **79171168**

19.9% Matches

Highest match: **1.36%** with Internet source (http://repository.itb.ac.id/72518/1/2111281010-Master_Thesis.pdf)

18.9% Internet sources | **1000**

Page 76

No Library search was conducted

0% Quotes

Exclusion of quotes is off

Exclusion of references is off

0% Exclusions

No exclusions

Modifind

Text modifications detected. Find more details in the online report.

Replaced characters | **20**