

**OPTIMASI PARAMETER PROSES PERMESINAN
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
MATERIAL SKD-11 MENGGUNAKAN
MESIN BUBUT GEMINIS**

PROYEK AKHIR

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



Disusun oleh:

Rizki Fachrezi NIRM : 1041854

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2021/2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI PARAMETER PROSES PERMESINAN
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
MATERIAL SKD 11 MENGGUNAKAN
MESIN BUBUT GEMINIS**

Oleh:

Rizki Fachrezi NIRM:1041854

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



(Zaldy Kurniawan, S.S.T.,M.T.)

Pembimbing 2



(Fajar Aswin, S.S.T.,M.Sc.)

Penguji 1



(Yudi Oktriadi, S.Tr.,M.Eng)

Penguji 2



(Yuliyanto, S.S.T.,M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Rizki Fachrezi

NIRM : 1041854

Dengan Judul : Optimasi Parameter Proses Permesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Material SKD-11 Menggunakan Mesin Bubut Geminis

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

Sungailiat, 12 Januari 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Rizki Fachrezi



ABSTRAK

Keberhasilan dunia manufaktur dalam meningkatkan proses produksi sangat dipengaruhi oleh peralatan mesin produksi yang digunakan. Hal ini karena di setiap bengkel mesin konstruksi dan bengkel pengerjaan logam, salah satu peralatan mesin yang digunakan untuk membuat atau memperbaiki komponen tertentu dalam produk jadi adalah mesin bubut. Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk menentukan kontribusi dan tingkat kekasaran dari parameter-parameter proses pemesian bubut semi konvensional geminis tornos s.l dan pada penelitian ini menggunakan metode taguchi dengan matriks orthogonal $L9(3^3)$ dengan 9 kali percobaan. Keberhasilan industri manufaktur dunia untuk meningkatkan proses produksi sangat dipengaruhi oleh peralatan mesin produksi yang digunakan. Shaft merupakan salah satu produk yang membutuhkan nilai kekasaran permukaan yang rendah pada saat pengolahan bubut khususnya mesin bubut semi otomatis Tornos Geminis S.L. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekasaran permukaan baja karbon. Penelitian ini menggunakan parameter yang mempengaruhi bentuk nilai kekasaran permukaan material SKD-11 yaitu tingkat putaran spindel (1000 Rpm, 760 Rpm, 610 Rpm), tingkat kedalaman pemakanan (0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm) dan gerak makan (0.08mm / put, 0.09mm/put, 0.10mm/put). Nilai kekasaran permukaan material SKD-11 terendah diperoleh dengan kecepatan spindel 1000 Rpm, feed rate 0,09 mm/put dan kedalaman potong 0,4 mm, serta nilai kekasaran permukaan 1,636 m.

Kata kunci : kekasaran,SKD-11,tornos geminis

ABSTRACT

The success of the manufacturing world in improving the production process is strongly influenced by the production machine tools used. This is because in every construction machinery workshop and metalworking workshop, one of the machine tools used to make or repair certain components in the finished product is a lathe. The research that has been carried out aims to determine the contribution and roughness level of the machining process parameters. semi-conventional geminis tornos SL lathe and in this study using the Taguchi method with an orthogonal L9(3³) matrix with 9 trials. The success of the world manufacturing industry to improve the production process is strongly influenced by the production machine tools used. Shaft is a product that requires a low surface roughness value during lathe processing, especially the Tornos Geminis S.L. semi-automatic lathe. The purpose of this study was to determine the surface roughness of carbon steel. This study uses parameters that affect the shape of the surface roughness value of the SKD-11 material, namely the spindle rotation rate (1000 Rpm, 760 Rpm, 610 Rpm), the feeding depth (0.4 mm, 0.6 mm, 0.8 mm)) and feedrate (0.08mm/put, 0.09mm/put, 0.10mm/put). The lowest surface roughness value of the SKD-11 material was obtained with a spindle speed of 1000 Rpm, a feed rate of 0.09 mm/put and a cutting depth of 0.4 mm, and a surface roughness value of 1.636 m.

Key word : roughness, SKD-11, tornos geminis S.L

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-nya penyusunan proyek akhir yang berjudul “Optimasi Parameter Proses Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Material SKD-11 Menggunakan Mesin Bubut Geminis”, ini dapat terselesaikan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan pada jurusan Teknik Mesin Manufaktur Politeknik Bangka Belitung. Perjalanan panjang telah penulis lalui dalam rangka perampungan penulisan proyek akhir ini. Banyak hambatan yang di hadapi dalam penyusunanya, namun berkat kehendak-Nya lah sehingga penulis berhasil menyelesaikan proyek akhir ini. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati pada kesempatan ini patutlah penulis mengucapkan berterima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, ayahanda Oktavianus dan ibunda Rozani tercinta, dan adik yang saya banggakan Febbi Amalia yang senantiasa memberikan kasih sayang dan dukungan pada penulis.
2. Bapak Zaldy Kurniawan, M.T, selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan tentang pelaksanaan makalah tugas akhir ini.
3. Bapak Fajar Aswin, M.Sc, selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan dukungan semangat dan masukan tentang pelaksanaan makalah tugas akhir ini.
4. Segenap Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan selama kuliah.
5. Teknisi sektor pemesinan bubut yang telah membantu saya dalam proses pengambilan data proyek akhir ini
6. Segenap teman–teman seperjuangan kelas TMM B Angkatan 2018.
7. Terkhusus teman–teman Geril Satrio Ramadhan, Ardi Meilianto, Riyo Mulyadi, Muhammad Rizqi Fadhillah, dan Welcy Fratama yang telah membantu dalam semua proses penyusunan proyek akhir ini.

8. Serta semua pihak yang telah ikut membantu dan memberikan dukungan moral dalam penyelesaian makalah proyek akhir yang sebagai salah satu syarat kelulusan.

Akhir kata, penulis mengharapkan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat dan semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan bagi kita semua.

Sungailiat, 12 Desember 2021



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mesin Bubut	5
2.2 Proses Bubut.....	5
2.3 Parameter Proses Pembubutan.....	7
2.4 Pahat Bubut	8
2.5 Baja Karbon.....	9
2.5.1 Pengerian SKD-11	9
2.6 Kekasaran Permukaan.....	10
2.7 Pengertian Metode Taguhci.....	12
BAB III.....	15
METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Metode Pelaksanaan	15
3.2 Identifikasi Masalah.....	15
3.3 Studi Literatur.....	16
3.4 Rancangan Percobaan	16
3.4.1 Parameter Penelitian	16

3.4.2	Parameter Proses.....	17
3.4.3	Pemilihan Matriks Ortogonal	17
3.5	Bahan dan Peralatan.....	18
1.	Benda Kerja.....	18
2.	Pahat Insert WNMG080404-MA	19
3.	Mesin Bubut	19
4.	<i>Dial Indikator</i>	20
5.	Kamera.....	20
6.	<i>Vernier Caliper</i> (Jangka Sorong).....	20
7.	<i>Surface Roughness Tester</i>	20
3.6	Pengambilan Data	21
3.6.1	Prosedur Percobaan.....	21
3.7	Pengujian data Kekasaran (<i>roughness</i>)	22
3.8	Kesimpulan	22
BAB IV.....		23
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Pengumpulan Data Eksperimen Pengumpulan.....	23
4.1.1	Pengukuran Kekasaran Permukaan Benda Kerja.....	23
4.2	Penentuan Kombinasi Variabel Respon Untuk Optimal	24
4.3	Analisis Variasi dan Persen Kontribusi.....	25
4.3.1	Analisis Variasi Rata-Rata Kekasaran Permukaan	25
4.4	Hasil Prediksi Nilai Kekasaran Permukaan Dan Interval Keyakinan	30
4.5	Perhitungan Rasio S/N dari Respon	31
4.6	Pengaruh Level dari Faktor Terhadap Variansi kekasaran.....	33
4.6.1	Analisis Variansi dan Persen Kontribusi Untuk S/N Rasio	34
4.6.2	Prediksi Rasio S/N Kekasaran Permukaan Yang Optimal	38
4.7	Percobaan Konfirmasi.....	41
4.7.1	Hasil Pengolahan Data Eksperimen Kombinasi Awal.....	42
4.8	Hasil pengolahan data eksperimen kombinasi awal	46
4.9	Perhitungan rasio S/N eksperimen kombinasi awal.....	47
4.10	Hasil pengolahan data eksperimen konfirmasi	48
4.11	Perhitungan rasio S/N eksperimen konfirmasi optimum	48

BAB V	51
PEMBAHASAN	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Profil permukaan	10
2. 1 Profil permukaan	10
3. 1 Diagram alir.....	15
3. 2 Benda kerja.....	19
3. 3 Benda kerja setelah di bubut.....	19
3. 4 Pahat carbide	19
3. 5 Mesin bubut geminis.....	20
3. 6 <i>Surface roungness tester mitutoyo SJ-210</i>	21



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Harga kekasaran iso	11
2. 2 Harga Ra	11
3. 1 Parameter proses.....	17
3. 2 Total Derajat Kebebasan parameter bebas dan levelnya	17
3. 3 Matriks ortogonal untuk taguchi L9.....	18
4. 1 Data Hasil Percobaan.....	23
4. 2 Respon Rata-Rata Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Dari Pengaruh Faktor	24
4. 3 Kombinasi parameter Proses Untuk Respon optimal.....	25
4. 4 Analisis variansi rata-rata kekasaran permukaan.....	29
4. 5 Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata variable diperlihatkan pada tabel berikut ini.....	30
4. 6 Hasil perhitungan rasio S/N	33
4. 7 Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan Dari Pengaruh Faktor	34
4. 8 Analisis Variansi Rasio S/N Kekasaran Permukaan	37
4. 9 Perhitungan persen kontribusi S/N	38
4. 10 hasil perhitungan ANAVA	39
4. 11 Kondisi hipotesis nol respon secara serentak.....	41
4. 12 Kombinasi parameter proses untuk kondisi awal dan kondisi optimum	42
4. 13 Perhitungan kombinasi awal dan akhir.....	42
4. 14 Perhitunngan S/N untuk masing-masing respon	42
4. 15 Perbandingan kombinasi	43
4. 16 Hasil uji kenormalan data	45
4. 17 Hasil uji dua variasi.....	45
4. 18 Hasil uji dua variasi.....	46
4. 19 Perbandingan dengan interval eksperimen	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 Analisis Varian *Software* Statistik

Lampiran 3 Kecepatan Spindle

Lampiran 4 Proses Pengukuran

Lampiran 5 F-Table

Lampiran 6 Sertifikat benda kerja SKD-11



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberhasilan dunia manufaktur dalam meningkatkan proses produksi sangat dipengaruhi oleh peralatan mesin produksi yang digunakan. Hal ini karena di setiap bengkel mesin konstruksi dan bengkel pengerjaan logam, salah satu peralatan mesin yang digunakan untuk membuat atau memperbaiki komponen tertentu dalam produk jadi adalah mesin bubut. Mesin bubut adalah mesin yang digunakan untuk memotong benda yang berputar. Mesin bubut itu sendiri adalah proses mengumpangkan benda kerja dengan cara memotongnya melalui putaran. Gerak rotasi benda kerja disebut gerak potong relatif, dan gerak translasi pahat disebut gerak umpan (Dewangga, et al., 2017).

Proses pembubutan untuk produksi barang maka sangatlah penting untuk hasil produksi tersebut menghasilkan produk dengan kualitas yang maksimal, produk tersebut harus benar-benar presisi atau sesuai dengan ukuran yang dikehendaki dan kekasaran juga harus maksimal dengan pekerjaan yang ekonomi. Laju pemakanan dalam parameter mesin bubut mempuntai jenis tingkatan yang digunakan sesuai kebutuhan produksi dimana menggunakan laju pemakanan yang dapat diubah-ubah tingkatnya dalam mesin, sebagai guna untuk menentukan tingkat kekasaran permukaan benda proses pembubutan.

Akurasi, presisi, dan kualitas kumpan adalah prioritas utama yang menjadi standar dalam manufaktur selama pemesinan. Hasil yang diperoleh pada saat pembubutan, kekasaran permukaan terendah pada nilai (μm) 1,535 dengan parameter kecepatan potong (V_c) 250 m/menit, pergerakan umpan (f) 0,1 mm/putaran dan kedalaman potong (a) 1,5 mm dengan kondisi basah pemesinan, sedangkan kekasaran permukaan tertinggi adalah (μm) 2.077 dengan kecepatan potong (V_c) 250 *setting* m/min, *feeding* (f) 0,1 mm/rev dan kedalaman potong (a) 1,5 mm dalam kondisi kerja kering. Dapat disimpulkan bahwa kekasaran permukaan terendah terdapat pada pemotongan basah menggunakan pahat karbida

untuk memotong material baja ASTM A 29 dengan (Vc) 250 m/menit. (salam & Sunarto, 2019).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas permukaan benda kerja selama proses pengolahan antara lain sudut dan ketajaman pisau potong selama proses pembuatan, perubahan kecepatan potong, posisi senter, getaran mesin, dan perlakuan panas yang buruk. Selain faktor di atas, kedalaman potong juga akan mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja. menyatakan bahwa parameter yang menentukan kekasaran permukaan adalah kedalaman potong, laju umpan dan kecepatan potong. Senada dengan itu Rochim (2007) mengemukakan bahwa hasil dari bagian pembubutan, terutama kekasaran permukaan, sangat dipengaruhi oleh sudut potong pahat, kecepatan pengumpan, kecepatan potong, dan kedalaman potong.

Peningkatan kualitas produksi harus berjalan seiring dengan kualitas produk bekas. Selama pemesinan, kualitas permukaan benda kerja dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu pemotongan, kecepatan potong, sudut penggaruk, kedalaman potong dan bahan yang digunakan dalam proses pembubutan Anggit Ardiansyah, (2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel dan kondisi pemotongan terhadap hasil kekasaran permukaan selama pemesinan bubut.

Menggabungkan kecepatan potong dan kedalaman potong, didapatkan hasil kekasaran terbaik (paling halus) pada 2000 rpm, kecepatan potong 170 m/menit dan rasio kedalaman potong 0,6. Semakin tinggi kecepatan putar, kecepatan potong, dan kedalaman pemakanan maka semakin rendah kekasaran permukaan yang dihasilkan. (Raul, 2016)

Hasil penelitian P.I.Gultom, (2020) menunjukkan bahwa proses pembubutan baja ST60 tidak memiliki rest set, dengan sudut potong utama $K_r = 45^\circ$, kecepatan potong 60,5 m/menit, kecepatan makan 44,66 mm/menit dan pada saat potong kedalaman 0,2 mm diperoleh nilai kekasaran permukaan sebesar 3,72 m atau grade kekasaran N8. Sedangkan untuk parameter pemesinan, sudut potong utama adalah $K_r=90^\circ$, kecepatan potong 60.5m/menit, laju gerak makan 22.33mm/menit, dan

pada kedalaman potong 0.2 mm nilai kekasaran permukaan 3,69 m atau tingkat kekasarannya adalah N8.

Penelitian yang dilakukan oleh Hadimi,(2008) ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan selama pembubutan. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pembubutan sampel 30 mm menghasilkan nilai kekasaran terkecil dibandingkan dengan sampel 40, 50, 70 mm dengan kecepatan motor 950 rpm dan kedalaman infeed yaitu 0,25 mm. Hal ini menunjukkan bahwa diameter benda kerja, kecepatan motor dan laju gerak makan sangat mempengaruhi nilai kekasaran permukaan benda kerja.

Bagaimana feed mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja selama pembubutan material JIS G-3123 SS 41, bagaimana kecepatan mesin perkakas mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja selama pembubutan, dan parameter mana yang menghasilkan nilai kekasaran terbaik pada saat pembubutan menggunakan kecepatan tinggi mesin dan gerakan umpan kecil menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang kecil. Di sisi lain, menggunakan kecepatan makan rendah dan laju pemakanan yang besar menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang besar. Pada gerakan feed 0.15 mm/rev feed nilai kekasaran permukaan minimum adalah 3.363 m dan putaran mesin 1200 rpm, sedangkan pada gerakan feed 0.25 mm/rev nilai kekasaran permukaan maksimum sebesar 7.584 m pada putaran mesin 480 rpm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar harga *feeding*, maka semakin besar nilai tingkat kekasarannya dan semakin rendah harga *feeding*, semakin rendah nilai tingkat kekasarannya. Semakin tinggi kecepatan putar mesin maka semakin rendah nilai kekasarannya dan sebaliknya. (Mustaqim, et al., 2014).

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis ingin menggunakan parameter-parameter pemesinan yang benar dan efisiensi waktu untuk mendapatkan pengaturan parameter yang baik pada saat pembubutan konvensional material SKD-11 sehingga menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terbaik.

1.2 Rumusan masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apakah parameter gerak pemakanan, kedalaman pemakanan, dan kecepatan *spindle* berkontribusi besar terhadap kekasaran permukaan.
2. Bagaimana pengaruh variasi parameter proses pemesinan terhadap kekasaran permukaan material SKD-1 menggunakan mesin bubut geminis.

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan mengacu pada perumusan masalah diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui parameter gerak pemakanan, kedalaman pemakanan, dan kecepatan *spindle* berkontribusi besar terhadap kekasaran permukaan.
2. Untuk mengetahui pengaruh parameter proses pemesinan terhadap kekasaran permukaan material SKD-11 menggunakan mesin bubut geminis.

1.4 Batasan Masalah

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

- a. Penelitian ini menggunakan mesin bubut dengan *setting* parameter parameter pemesinan guna tercapai laju pengerjaan material yang besar, menggunakan cairan pendingin dromus.
- b. Percobaan yang dilakukan pada mesin bubut horizontal *Geminis Tornos s.l* dengan pahat bubut *insert carbide WNMG080404-MA*.
- c. Bidang gesek dan koefisien gesek material uji tetap.
- d. Kecepatan pemotongan, kecepatan makan dan kedalaman pemotongan ditentukan.
- e. Benda kerja yang digunakan dari bahan baja Skd 11 dimensi $\varnothing 25$ x 100 mm.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Bubut

Mesin bubut adalah termasuk mesin perkakas dengan gerak utama berputar. Mesin ini berfungsi untuk menghilangkan sebagian bahan benda kerja, membentuk benda kerja dengan berputar dan pengirisan dilakukan oleh alat iris/potong dalam kondisi diam (Amstead, 1995). Bentuk akhir benda kerja bisa berupa: batang silindris, konis, dan ulir. Pengirisan dapat dilakukan di luar atau di dalam benda kerja.

2.2 Proses Bubut

Macam-macam proses pembubutan logam di bagi dalam 9 jenis. Macam-macam proses pembubutan ini berdasarkan jenis pahat, arah pemotongan atau penyayatan dan gerak reaktif terhadap benda kerja.

A. Pembubutan Rata

Proses ini merupakan proses dasar pembubutan dan pengurangan diameter hingga diameter yang diinginkan. Ada berbagai toleransi ukuran untuk ukuran diameter, seperti toleransi umum, khusus, dan ISO. Proses ini dapat menjadi langkah balik yang dikombinasikan dengan proses pra-putaran. Alat potong yang digunakan adalah ISO1, ISO2, ISO3, ISO5 dan ISO6. Biasanya menggunakan ISO1 atau ISO6.

B. Pembubutan Muka / *Facing*

Operasi ini juga merupakan operasi dasar. Artinya, juga dikenal untuk mengurangi luas benda berbentuk silinder atau mengurangi panjang benda kerja. Alat potong yang digunakan adalah ISO2, ISO3, ISO4 dan ISO5. ISO 2 umumnya digunakan.

C. Pembubutan Dalam / *Boring*

Pembubutan dalam pada dasarnya sama dengan membubut rata, namun pada bagian dalam diameter. alat potong yang digunakan adalah ISO8 dan ISO 9.

D. Pembubutan Alur / *Grooving*

Grooving bisa untuk melonggarkan sekrup atau memasang cincin penahan, dan grooving bisa dilakukan dengan diameter luar dan dalam. Alat potong yang digunakan adalah pahat beralur dalam dan ISO 7.

E. Pembubutan Ulir / *Threading*

Proses ulir sama seperti pada mesin bubut, pada mesin bubut berbagai ulir eksternal dan internal dapat dibuat, dalam kasus khusus ulir kecil biasanya dilengkapi dengan tap atau snij.

F. Pembubutan Tirus / *Taper Turning*

Bagian poros yang berbentuk kerucut atau kerucut yang diameternya secara bertahap berkurang dari titik ke titik sepanjang poros pada mesin bubut dapat dilakukan dengan pahat khusus atau dengan mengatur penggeser atas ke sudut tertentu, atau menggeser tengah tailstock atau menggunakan peralatan berbentuk kerucut. Alat potong yang digunakan sama seperti untuk pembubutan rata.

G. Pengkartelan / *Knurling*

Kartel atau slotting pada mesin bertindak seperti pegangan agar tidak licin, pada kartel bubut dilakukan dengan roda kartel ukuran standar, prosesnya bukan pemotongan melainkan pengepresan/pengeboran benda kerja hingga membentuk alur kartel. bentuk profil kartel yang dihasilkan biasanya lurus, miring atau diagonal (belah ketupat).

H. Pembubutan Eksentrik / *Eccentric Turning*

Eksentrisitas adalah poros pada posisi/diameter sentral pada posisi/offset yang berbeda. Rotasi dapat dilakukan dengan menggunakan chuck independen empat rahang (4) untuk memindahkan posisi cengkeraman benda kerja ke ukuran yang diperlukan. Cara menjepit bagian tengah, perhatikan lubang tengahnya eksentrik.

I. Pembuatan Lubang

Pada mesin bubut dapat membuat lubang dengan mata bor/*twist drill*, dan juga terkadang dilanjutkan dengan proses boring dengan pahat.

2.3 Parameter Proses Pembubutan

Parameter proses pemotongan bubut adalah informasi berupa perhitungan dasar, rumus dan tabel yang mendasari antara lain teknologi proses pemotongan/pengirisan bubut. Parameter pemotongan pada proses bubut meliputi: kedalaman pemakanan, kecepatan potong, gerak pemakanan (*Feeding*) dan waktu pemesinan.

1. Kedalaman Pemakanan (*Depth of cut*)

Kedalaman pemakanan adalah besarnya kedalaman pemakanan yang diberikan pada saat proses pembubutan. Adapun rumus kedalaman potong yaitu:

$$a = \frac{d_o}{d_m} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

d_o = Diameter awal (mm)

d_m = Diameter akhir (mm)

2. Kecepatan *Spindel*

Bagian paling dasar adalah rotasi bagian ini karena akan mempengaruhi parameter lainnya. Rotasi bagian tergantung pada jenis bahan, diameter bahan, dan aplikasi lapangan juga memperhitungkan panjang bagian dan seberapa sulit pekerjaan itu.

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

N = Putaran Benda Kerja (rpm)

V_c = Kecepatan Potong (m/min)

D = Diameter Awal Benda (mm)

3. Gerak pemakanan (*Feeding*)

Gerak pemakanan (*feeding*) adalah jarak yang ditempuh alat potong setiap benda kerja mengalami putaran satu kali sehingga satuannya adalah mm/rev. Gerak makan ditentukan oleh material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, kekuatan mesin serta tingkat kehalusan permukaan yang diinginkan. Kecepatan makan memiliki

pengertian yaitu jarak dari gerakan pahat potong sepanjang jarak kerja untuk setiap putaran dari *spindle*. Adapun rumus kecepatan pemakanan yaitu:

$$Vf = f \times n \text{ (mm/menit) } \dots\dots\dots (2.3)$$

keterangan

Vf = Kecepatan Pemakanan (mm/menit)

f = Gerak makan (mm/rev)

n = Putaran spindel (rev/ menit)

2.4 Pahat Bubut

Pahat adalah alat yang dipasang pada alat mesin dan digunakan untuk memotong benda kerja atau membentuk benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Dalam proses pengerjaannya, pahat digunakan untuk memotong benda kerja yang keras, sehingga material benda kerja lebih keras dari pada material yang akan dibubut.

Adapun jenis-jenis pahat bubut:

1. Baja karbon tinggi
2. HSS (*High Speed Steel*) Baja paduan tinggi
3. Paduan *cor np ferro*
4. Karbida
5. Keramik
6. *Cubic baron nitrides*

Material pahat harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Harus keras, kekerasan dari material pahat harus melebihi kekerasan dari material benda kerja yang di pakai saat pembubutan
2. Harus Tahan terhadap Gesekan hal ini berfungsi agar pahat tidak mudah habis saat proses pembubutan berlangsung (berkurang ukuranya).
3. Tahan panas, material pahat haruslah ulet, dikarenakan dalam saat proses pembubutan pahat pastilah akan mendapat beban kejut. Tahan panas, lantaran dalam ketika pahat & benda kerja melakukan goresan akan mengakibatkan panas yg relatif tinggi yaitu (250°C- 400°C) tergantung berdasarkan putaran spindel.

4. mesin bubut, semakin tinggi putaran mesin bubut maka semakin tinggi pula suhu yang dihasilkan.
5. Bahan alat yang ekonomis harus ekonomis dan pemilihan bahan alat harus didasarkan pada jenis pekerjaan yang dilakukan dan jenis bahan benda kerja.

2.5 Baja Karbon

Baja karbon terdiri dari dua elemen: besi dan karbon. karbon adalah penguat besi yang efektif dan murah. Oleh karena itu, secara umum sebagian besar baja mengandung karbon dan beberapa elemen paduan lainnya (Surdia, 1985). Menurut kandungan karbon, baja karbon dapat dibagi menjadi tiga kelompok. Ketiga kelompok tersebut antara lain:

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

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

- b. Baja karbon sedang ($0,30 \% - 0,70 \% C$)

Baja karbon yang ada memiliki sifat sebagai berikut: sifat mekanik yang lebih baik dari baja karbon rendah, lebih keras dan lebih tahan dari baja rendah karbon, tidak mudah dibentuk oleh mesin, dan dapat dengan mudah dipadatkan (padam).

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

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

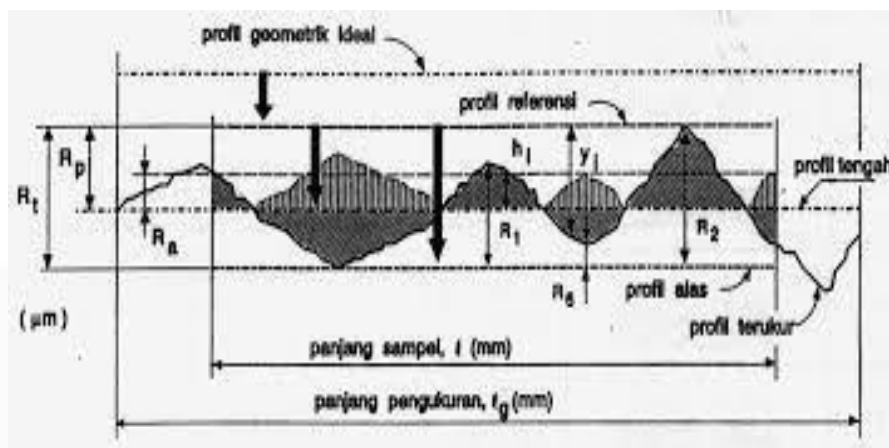
2.5.1 Pengerian SKD-11

Baja perkakas SKD-11 adalah jenis baja tahan karat berkualitas tinggi yang merupakan baja perkakas dan banyak di pergunakan dalam industri karena memiliki sifat kekerasan yang tinggi dan tahan aus. Komposisi kimia dari baja perkakas SKD-11 yaitu, C 1,55%, Cr 11,60%, Mo 0,80%, Mn 0,30%, Si 0,30%.

Terdapat di lampiran 6.

2.6 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah ciri permukaan dan ketidakrataan pada profil permukaan berupa guratan-guratan yang terlihat di permukaan. Kekasaran permukaan juga dapat dianggap sebagai jarak deviasi rata-rata dari kontur rata-rata. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran antara lain: parameter struktur pemotongan, bentuk dan ukuran pahat, cacat material benda kerja dan kerusakan akibat aliran kasar (Sunyapa, 2016).



Gambar 2.1 Profil permukaan (sumber: Rochim)

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan arah melintang. Untuk arah tegak dikenal beberapa parameter:

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

Nilai penyimpangan rata-rata aritmatika telah diklasifikasikan oleh ISO menjadi 12 tingkat kekasaran. Tingkat kekasaran ini dilambangkan dari N1 hingga N12 seperti tabel berikut :

Tabel 2.1 Harga kekasaran ISO

Kelas Kekerasan	Harga (μm)	C.L.A	Harga (μm)	Ra	Toleransi	Panjang sampel (mm)
N1	1		0.0025		0.02 – 0.04	0.08
N2	2		0.05		0.04 – 0.08	
N3	4		0.0		0.08 – 0.15	
N4	8		0.2		0.15 – 0.3	
N5	16		0.4		0.3 – 0.6	0.25
N6	32		0.8		0.6 – 1.2	
N7	63		1.6		1.2 – 2.4	
N8	125		3.2		2.4 – 4.8	
N9	250		6.3		4.8 – 9.6	0.8
N10	500		12.5		9.6 – 18.75	2.5
N12	2000		50.0		37.5 – 75.0	8

Dalam proses permesinan pada pengerjaan akhir untuk menentukan kekasaran permukaan objek yang dikerjakan pada proses permesinan bubut (*turning*), dimana kekasaran permukaan rata-rata (Ra) yang distandarkan dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 harga Ra

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 cylindrical grinding</i>	N1-N8	0.025-3.2
<i>Finishing</i>	N4-N8	0.1-3.2

<i>Face and cylindrical tuning, milling and reaming</i>	N5-N12	0.4-50.0
<i>Drilling</i>	N7-N10	1.6-12.5
<i>Shapping, planning, horizontal milling</i>	N6-N12	0.8-50.0
<i>Sandcasting and forging</i>	N10-N11	12.5-25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing Die casting</i>	N6-N8	0.8-3.2
	N6-N7	0.8-1.6

2.7 Pengertian Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan metode desain eksperimen dalam desain eksperimen yang menyatakan bahwa nilai-nilai parameter dapat dikontrol dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas produk untuk meminimalkan fluktuasi yang disebabkan oleh parameter pengganggu. Keunggulan metode taguchi dapat digunakan untuk melakukan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan kuantitas, untuk menarik kesimpulan dengan hasil respon yang optimal untuk respon faktor dan tingkatan faktor tersebut (Soejanto, 2009).

1. Analisis Varians *Taguchi*

Analisis varians adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan dalam rencana eksperimen statistik. Analisis ini merupakan teknik yang menggambarkan semua parameter populasi yang diteliti. Untuk analisis varians dua arah, data uji mencakup dua atau lebih parameter dan dua atau lebih level.

2. Rasio S/N

Rasio S/N (*rasio Signal To Noise*) digunakan untuk memilih faktor yang berkontribusi pada penurunan variabilitas respons. Gunakan rasio S/N untuk menentukan sejauh mana faktor yang mempengaruhi hasil eksperimen. Bentuk karakteristik rasio S/N meliputi:

- Semakin kecil, semakin baik (*Small is Better*)

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

$$\text{rasio S/N} = -10 \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

- Tertuju pada nilai tertentu (*Nominal the Better*)

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

$$\text{rasio S/N} = -10 \log\left(\frac{(y_i - \bar{y})^2}{n}\right) \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

- Semakin besar, semakin baik (*Larger is Better*)

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

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

dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

- Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) :

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{\frac{n-2}{A}} + \frac{A_3^2}{\frac{n-3}{A}} - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (2.7)$$

- *Residual Error:*

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \dots\dots\dots (2.8)$$

- Rata-rata kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \dots\dots\dots (2.9)$$

- *MS Residual Error*

$$(MS_e) = \frac{SS_e}{V_e} \dots\dots\dots (2.10)$$

- Jumlah kuadrat total:

$$SS_T = \sum Y^2 \dots\dots\dots(2.11)$$

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

$$SS_m = n \times \bar{Y}^2 \dots\dots\dots(2.12)$$

- Jumlah kuadrat *error*:

$$SS_{Faktor} = SS_A + SS_B + SS_C \dots\dots\dots(2.13)$$

- F rasio:

$$F = \frac{SS_A}{SS_e} \dots\dots\dots(2.14)$$

- Rumus persen kontribusi:

$$\rho = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \dots\dots\dots(2.15)$$

- Hitung nilai prediksi kekasaran permukaan:

$$\hat{t} = n_m + \sum_{i=1}^q (\bar{t}_i - n_m) \dots\dots\dots(2.16)$$

- Uprediksi

$$Up = \bar{Y} + (B - \bar{Y}) + (\bar{A}_3 - \bar{Y}) + (C_3 - \bar{Y}) \dots\dots\dots(2.17)$$

- $CI_{optimasi}$

$$CI_{-} \pm \sqrt{F(0,05; 2; 2)Ve} \times \frac{1}{n_{eff}} \dots\dots\dots(2.18)$$

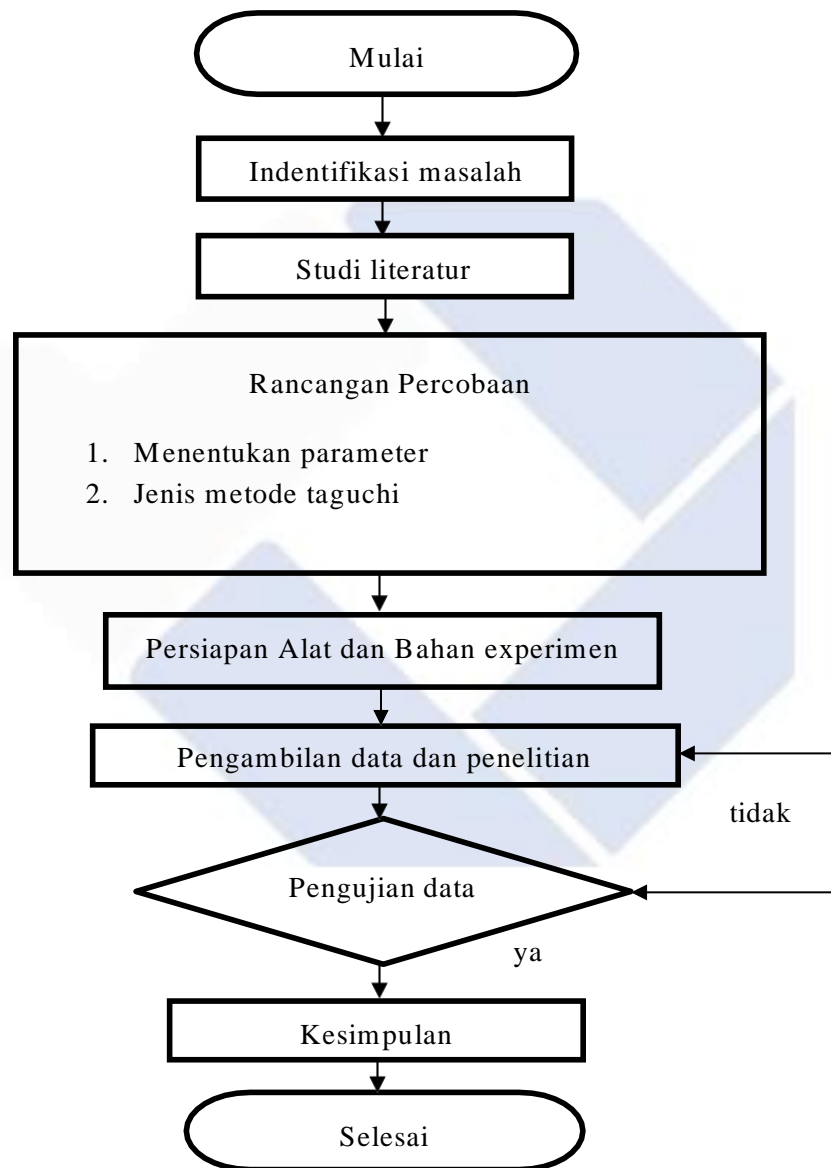
- Nilai rata-rata

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \dots\dots\dots(2.19)$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pelaksanaan

Berikut ini diagram alir yang menggambarkan proses alur penelitian.



Gambar 3.1 diagram alir

3.2 Identifikasi Masalah

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

3.3 Studi Literatur

Setelah masalah diidentifikasi, langkah selanjutnya yang peneliti lakukan adalah mempelajari literatur. Tujuan dari penelitian kepustakaan adalah agar peneliti menemukan referensi teoritis terhadap kasus atau masalah yang ditemukan sebelumnya, serta data untuk mendukung proses penelitian.

3.4 Rancangan Percobaan

Rancangan Percobaan adalah kajian mengenai penentuan kerangka dasar kegiatan pengumpulan informasi terhadap objek yang memiliki variasi, berdasarkan prinsip-prinsip statistika

3.4.1 Parameter Penelitian

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

a. Parameter bebas

Parameter bebas merupakan nilai parameter yang dapat dikendalikan dan dapat ditentukan dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu dalam penelitian yang mengarah pada tujuan penelitian.

b. Parameter respon

Parameter respon merupakan nilai parameter yang tidak dapat ditentukan di awal dan akan dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan. Nilai parameter dapat diketahui setelah melakukan eksperimen.

c. Parameter konstan.

Parameter konstan merupakan nilai parameter yang dapat ditentukan

berdasarkan pertimbangan - pertimbangan tertentu dalam penelitian yang mengarah pada tujuan penelitian.

3.4.2 Parameter Proses

Terdapat beberapa parameter faktor yang berpengaruh pada proses pemesinan bubut. Dalam hal ini terdapat tiga parameter faktor yaitu, kecepatan *Spindel*, kedalaman pemakanan, dan gerak makan.

Tabel 3. 1 parameter proses

Kontrol Faktor	Satuan	Level		
		1	2	3
Kecepatan <i>Spindle</i> (A)	Rpm	610	760	1000
Gerak pemakanan (B)	mm/put	0,08	0,09	0,10
Kedalaman Pemakanan (C)	Mm	0,4	0,6	0,8

3.4.3 Pemilihan Matriks Ortogonal

Berdasarkan banyaknya parameter bebas dan jumlah level yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.1 Sehingga dapat dilakukan perhitungan derajat kebebasan untuk menentukan matriks ortogonal yang digunakan. Hasil perhitungan derajat kebebasan dapat disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Total Derajat Kebebasan parameter bebas dan levelnya

No	Parameter bebas	Jumlah level (k)	vn (k-1)
1	Kecepatan Spindel (<i>rpm</i>)	3	2
2	Gerak pemakanan (mm/menit)	3	2
3	Kedalaman pemakanan (mm)	3	2
Total Derajat Kebebasan			6

Berdasarkan hasil perhitungan derajat kebebasan total pada penelitian ini, Tabel 3.2 memperoleh 6 derajat kebebasan, sehingga derajat kebebasan yang paling sesuai untuk matriks ortogonal adalah L9 (3^4). Matriks ortogonal L9 (3^4) = 4 x (3^1)

= 8 derajat kebebasan. Kemudian, pilihan matriks ortogonal yang digunakan harus memiliki derajat kebebasan yang sama atau lebih tinggi dari jumlah derajat kebebasan untuk percobaan ini (6 derajat kebebasan). Oleh karena itu, derajat kebebasan matriks ortogonal yang paling sesuai adalah $L_9 (3^4)$. Matriks ortogonal $L_9 (3^4) = 4 \times (3^1) = 8$ derajat kebebasan.

Matrik ortogonal $L_9 (3^4)$ yaitu jenis L_9 memiliki 4 kolom atau faktor dan 9 baris yang mampu digunakan untuk empat buah faktor parameter bebas dengan tiap-tiap parameter memiliki 3 level. Rancangan eksperimen untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 dibawah ini:

Tabel 3. 3 Matriks ortogonal untuk taguchi L_9

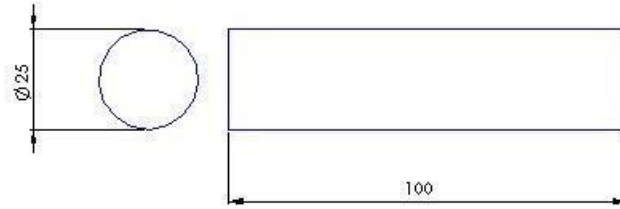
No	Parameter Permesian		
	Kecepatan spindel	Gerak pemakanan	Kedalaman pemakanan
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

3.5 Bahan dan Peralatan

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

1. Benda Kerja

Material benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah material baja SKD-11. Material ini memiliki dimensi $\varnothing 25 \times 100$ mm.



Gambar 3. 2 benda kerja



Gambar 3. 3 benda kerja setelah di bubut

2. Pahat Insert WNMG080404-MA

Pahat yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa pahat *Insert* WNMG080404-MA yang dipilih secara random dan dibeli dari pasaran.



Gambar 3. 4 pahat carbide WNMG080404-MA

3. Mesin Bubut

Mesin bubut yang digunakan pada proses pengambilan data keausan pahat bubut adalah mesin bubut konvensional yang ada di bengkel mekanik Polman Babel.

Merek	: Geminis
Type	: SE 5 650 S
Tahun Pembuatan	: 1997
Daya Motor	: 11,15,18.5 kW
Rpm Maksimal	: 1000/min



Gambar 3. 5 mesin bubut geminis

4. Dial Indikator

Dial indicator digunakan untuk mengukur kesatu sumbu benda kerja saat dicekam pada *chuck* mesin bu

5. Kamera

Kamera digital digunakan sebagai alat bantu untuk mengambil gambar pada saat proses pengukuran.

6. Vernier Caliper (Jangka Sorong)

Vernier Caliper digunakan untuk mengukur benda kerja.

7. Surface Roughness Tester

Penguji kekasaran permukaan digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja sebagai hasil dari proses pemesinan. *Mitutoyo SJ210* digunakan sebagai pengukur kekasaran.



Gambar 3. 6 *Surface roughness tester mitutoyo SJ-210*

3.6 Pengambilan Data

Pengumpulan data adalah kegiatan mencari data di lapangan yang akan digunakan untuk menjawab permasalahan penelitian. Validitas pengumpulan data sangat diperlukan untuk memperoleh data yang baik.

3.6.1 Prosedur Percobaan

Adapun prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen baja SKD-11

Adapun pembuatan spesimen dari baja SKD-11 adalah sebagai berikut:

- a. Pemotongan bahan baja SKD-11 dengan menggunakan mesin pemotong.
- b. Potongan bahan spesimen harus sesuai dimensi yang diinginkan yaitu memiliki panjang 100 mm dengan diameter 25 mm sebanyak 27 benda kerja.

2. Pembubutan terhadap spesimen SKD-11

Adapun pembubutan terhadap spesimen baja SKD-11 menggunakan mesin bubut adalah sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan peralatan dan spesimen yang akan diproses pembubutan .
- b. Membuat program sesuai dengan benda kerja yang akan dikerjakan dengan variasi yang sudah ditentukan.
- c. Memasang benda kerja pada ragam bubut dengan posisi yang tepat dan benar.
- d. Melakukan setting mesin bubut *Gemins tornos s.l.*
- e. Menghidupkan mesin dan melakukan proses permesinan bubut dengan variasi kecepatan sindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan yang ditentukan.

- f. Matikan mesin bubut lalu lepaskan benda kerja pada ragum mesin bubut untuk dilakukan pengukuran kekasaran.

3.7 Pengujian data Kekasaran (*roughness*)

Pengujian kekasaran dilakukan untuk mengetahui nilai kekasaran suatu permukaan dengan standar atau properties pengukuran (Ra), (Rz), (Rq), (Rmax) dan keteli alat 0,02 μm . Pengujian ini dilakukan dipolman babel. Adapun prosedur yang dilakukan sebagai berikut:

1. Persiapkan benda kerja hasil pemesinan GEMINIS diletakkan pada *V-block* dan meja rata, dimana alat uji *surface roughness tester* juga diletakkan pada landasan paralel pad, atur ketinggian alat dengan benda kerja.
2. *Dial indicator* diatur sehingga ujung dari *dial indicator* berada dalam posisi stabil pada pembacaan skala tekanan terhadap permukaan objek pengukuran
3. Sebelum menjalankan alat dipersiapkan standar yang ingin digunakan seperti (Ra), (Rq), (Rz), dan (Rmax). Dan juga memasukan faktor-faktor seperti panjang dari permukaan objek yang ingin diperiksa.
4. Pada saat pengambilan data, *indicator dial* posisi bergerak dengan konstan sesuai dengan sumbu horizontal dan sejajar benda uji
5. Kemudian jika telah selesai tulis hasil pengujian.

3.8 Kesimpulan

Kesimpulan adalah pernyataan ringkas yang diambil dari awal penelitian hingga selesai dari suatu penelitian, kesimpulan menjadi bagian terpenting dalam sebuah penelitian untuk mengetahui isi dari penelitian seseorang. Sehingga pembaca mengetahui isi penelitian tersebut, bagian terpenting penelitian adalah singkat, padat, dan jelas yang menimbulkan kesan baik bagi pembaca.

BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data Eksperimen Pengumpulan

Data penelitian dilakukan secara kombinasi dengan parameter proses yang terdapat pada mesin GEMINIS. Parameter proses yang diduga mempengaruhi respon terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan *spindel* (A), Gerak pemakanan (B), dan Kedalaman pemakanan (C). Pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

4.1.1 Pengukuran Kekasaran Permukaan Benda Kerja

Pengukuran kekasaran permukaan suatu benda kerja dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kekasaran permukaan. Data eksperimen umum disajikan pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4. 1 Data Hasil Percobaan (lampiran 4)

<i>Matriks Orthogonal</i> <i>L9(3³)</i>								
Eksperimen	Faktor			Awal	replikasi		Jumlah	Mean
	A	B	C		1	2		
1	1	1	1	2,459	2,455	2,339	7,253	2,417
2	1	2	2	2,273	2,228	2,333	6,834	2,278
3	1	3	3	2,655	2,729	2,681	8,065	2,688
4	2	1	2	2,370	2,349	2,390	7,109	2,369
5	2	2	3	2,792	2,826	2,812	8,130	2,810
6	2	3	1	2,662	2,689	2,586	7,937	2,645
7	3	1	3	2,531	2,519	2,437	7,487	2,495
8	3	2	1	1,647	1,607	1,656	4,910	1,636
9	3	3	2	1,824	1,863	1,833	5,520	1,840
Rata-rata								2,353

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kondisi pemotongan halus (*finishing*). Hasil percobaan awal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata kekasaran

permukaan dengan menggunakan *setting* kombinasi awal pada percobaan kombinasi ke-8 adalah sebesar 1,636 μm . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa hasil percobaan ini memberikan nilai kekasaran permukaan yang berada pada *range* kondisi pemotongan halus (*finishing*).

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

Perhitungan rata-rata untuk faktor A

$$A1 = 1/3 (2,417 + 2,278 + 2,688) = 2,461$$

$$A2 = 1/3 (2,369 + 1,810 + 2,645) = 2,608$$

$$A3 = 1/3 (4,495 + 1,636 + 1,840) = 1,990$$

Perhitungan rata-rata untuk faktor B

$$B1 = 1/3 (2,417 + 2,369 + 2,495) = 2,427$$

$$B2 = 1/3 (2,278 + 1,810 + 1,636) = 2,241$$

$$B3 = 1/3 (2,688 + 2,645 + 1,840) = 2,391$$

Perhitungan rata-rata untuk faktor C

$$C1 = 1/3 (2,417 + 2,645 + 1,636) = 2,233$$

$$C2 = 1/3 (2,278 + 2,369 + 1,840) = 2,162$$

$$C3 = 1/3 (2,688 + 2,810 + 2,495) = 2,664$$

4.2 Penentuan Kombinasi Variabel Respon Untuk Optimal

Untuk ketiga faktor utama yang diamati yaitu kecepatan *spindle*, gerak makan dan kedalaman pemakanan, adapun faktornya dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4. 2 Respon Rata-Rata Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Dari Pengaruh Faktor

simbol	Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan spindel	2,461	2,608	1,990
B	Gerak pemakanan	2,427	2,241	2,391
C	Kedalaman pemakanan	2,233	2,162	2,664
	Rata-rata			= 2,353

Berdasarkan data-data dapat menentukan nilai level untuk kombinasi parameter berdasarkan nilai rata-rata kekasaran permukaan pada setiap level

parameter proses. Ini adalah proses yang memberikan respons optimal. Kombinasi parameter proses untuk respon optimal ditunjukkan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4. 3 Kombinasi parameter Proses Untuk Respon optimal

	Parameter proses	Tingkat level	Nilai level
A	Kecepatan <i>Spindle</i>	3	1000 rpm
B	Gerak pemakanan	2	0,09 mm/put
C	Kedalaman pemakanan	1	0,4 mm

4.3 Analisis Variasi dan Porsen Kontribusi

Analisis varians (ANOVA) digunakan untuk menentukan variabel proses yang berkontribusi dalam mengurangi variasi respons kekasaran permukaan benda kerja. Pada penelitian ini dilakukan ANOVA terhadap kekasaran yang merupakan respon yang mewakili respon secara keseluruhan.

Analysis of variance (ANOVA) pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. ANOVA merupakan teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. *Analysis of variance* (ANOVA) yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model bisa ditentukan. ANOVA yang digunakan dalam hasil eksperimen dengan metode Taguchi pada umumnya adalah ANOVA dua arah. ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri dari dua level atau lebih dan dua faktor atau lebih.

4.3.1 Analisis Variasi Rata-Rata Kekasaran Permukaan

Dengan melakukan model analisis variansi dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, F-rasio seperti perhitungan dibawah ini: (lampiran 2)

$$SS_A = \sum_{i=1}^{KA} \left[\frac{A_i^2}{n_{Ai}} - \frac{T^2}{N} \right]$$

Dimana:

KA = Jumlah level faktor A

A_i = Level ke 1 faktor A

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

T = Jumlah seluruh nilai

N = Banyak data keseluruhan

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

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

Perhitungan *sum of square* faktor A:

$$SS_A = \frac{7,3840^2}{3} + \frac{7,8253^2}{3} + \frac{5,9723^2}{3} - \frac{20,181^2}{9}$$

$$SS_A = 0,6245$$

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

$$SS_B = \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} + \frac{B_3^2}{n_{B3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* faktor B:

$$SS_B = \frac{7,2830^2}{3} + \frac{6,7247^2}{3} + \frac{7,1740^2}{3} - \frac{20,181^2}{9}$$

$$SS_B = 0,0583$$

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

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

Perhitungan *sum of square* faktor C:

$$SS_C = \frac{6,7000^2}{3} + \frac{6,4877^2}{3} + \frac{7,9940^2}{3} - \frac{20,2482^2}{9}$$

$$SS_C = 0,0431$$

Residual Error:

$$\begin{aligned}SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 51,0651 - 49,8514 - 1,2137 \\ &= 0,0875\end{aligned}$$

Derajat kebebasan :

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Derajat kebebasan :

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Derajat kebebasan :

$$V_C = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,6245}{2} = 0,3122$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,0583}{2} = 0,0291$$

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{0,4431}{2} = 0,2215$$

$$MS_{\text{Residual Error}} (MS_e) = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{0,0875}{2} = 0,0437$$

Jumlah kuadrat total:

$$\begin{aligned}SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (2,417^2) + (2,278^2) + (2,688) + \dots + (1,840^2) \\ &= 51,0651\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat rata-rata (*mean*):

$$\begin{aligned}SS_m &= n \times \bar{Y}^2 \\ &= 9 \times (2,353)^2\end{aligned}$$

$$= 49,8514$$

Jumlah kuadrat *error*:

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

$$= 0,6245 + 0,0583 + 0,4431$$

$$= 1,1261$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_A}{SS_e}$$

$$= \frac{0,6245}{0,0875}$$

$$= 7,1340$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_B}{SS_e}$$

$$= \frac{0,0583}{0,0875}$$

$$= 0,6669$$

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_C}{SS_e}$$

$$= \frac{0,4431}{0,0875}$$

$$= 5,0620$$

$$SS_{\text{Total}} = SS_A + SS_B + SS_C + SS_e$$

$$= 0,6245 + 0,0583 + 0,4431 + 0,0875$$

$$= 1,2137$$

Dari hasil perhitungan analisis variansi terhadap rata-rata kekasaran permukaan diatas dapat lihat pada Tabel 4.4:

Tabel 4. 4 Analisis variansi rata-rata kekasaran permukaan (lampiran 2)

Sumber	V	SS	MS	F-rasio
A	2	0,6245	0,3122	7,13
B	2	0,0583	0,0291	0,66
C	2	0,4431	0,2215	5,06
<i>Erorr</i>	2	0,0875	0,0437	-
Total	8	1,2137	-	-

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

$$\begin{aligned}
 SS'_A &= SS'_A - MS_e(V_A) \\
 &= 0,6245 - 0,0437 (2) \\
 &= 1,1616
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_B &= SS'_B - MS_e(V_B) \\
 &= 0,0583 - 0,0437 (2) \\
 &= 0,0292
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS'_C &= SS'_C - MS_e(V_C) \\
 &= 0,4431 - 0,0437(2) \\
 &= 0,7987
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_e &= SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\
 &= 1,2137 - 0,6245 - 0,0292 - 0,7987 \\
 &= -0,7759
 \end{aligned}$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus

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

$$\rho^A = \frac{1,1616}{1,2137} \times 100\% = 95,70\%$$

$$\rho^B = \frac{0,0292}{1,2137} \times 100\% = 2,40\%$$

$$\rho^C = \frac{0,7987}{1,2137} \times 100\% = 65,81\%$$

$$\rho^e = \frac{-0,7759}{1,2137} \times 100\% = -63,93\%$$

Tabel 4. 5 Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata variable diperlihatkan pada tabel berikut ini: (lampiran 2)

Sumber	V	SS	MS	SS'	P(%)
A	2	0,6245	0,3122	1,1616	95,70
B	2	0,0583	0,0291	0,0292	2,40
C	2	0,4431	0,2215	0,7987	65,81
Error	2	0,0875	0,0437	-0,7759	-63,93
Total	8	1,2137	-	-	100

Dari Tabel 4.5 perhitungan kontribusi faktor menunjukkan bahwa faktor A (Kecepatan *Spindel*) memberikan kontribusi yang paling besar terhadap kekasaran permukaan bila dibandingkan dengan faktor lain, adapun hasil persentase dari kedalaman pemakanan yaitu sebesar 95,70%.

4.4 Hasil Prediksi Nilai Kekasaran Permukaan Dan Interval Keyakinan

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, hasil prediksi nilai kekasaran permukaan dan interval kepercayaan berdasarkan kontribusi gabungan terhadap respons optimal dapat ditentukan sebagai nilai kekasaran optimal yang diprediksi. Perhitungan prediksi kekasaran terbaik didasarkan pada nilai rata-rata untuk setiap level parameter yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Hitung nilai prediksi kekasaran permukaan menggunakan persamaan berikut:

$$\hat{r} = n_m + \sum_{i=1}^q (\bar{n} - n_m)$$

$$\hat{r} = 2,353 + (1,990 - 2,353) + (2,241 - 2,353) + (2,233 - 2,353)$$

$$\hat{r} = 1,758$$

Oleh karena itu, prediksi nilai kekasaran untuk kombinasi variabel yang menghasilkan respon terbaik. Interval kepercayaan rata-rata untuk kekasaran yang diprediksi pertama-tama ditentukan dengan menghitung jumlah pengamatan yang valid. Hitung jumlah observasi yang valid menggunakan persamaan berikut:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel-variabel untuk menduga rata-rata}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{9 \times 3}{1 + (2+2+2)} = \frac{27}{7}$$

$$n_{\text{eff}} = 3,857$$

$$\text{Nilai } F_{(0,05;2;2)} = 19,00 \text{ dan } MS_E = 0,0437$$

Perhitungan interval keyakinan rata-rata kekasaran benda kerja hasil optimasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$CI_{\text{optimasi}} = \frac{CF_{a;1;v_E}}{\sqrt{MS_E}} \pm \frac{MS_E}{n_{\text{eff}}} \quad \dots \dots \dots (4.1)$$

$$CI_{\text{optimasi}} = \sqrt{\frac{19,00 \times 0,0437}{3,857}}$$

$$CI_{\text{optimasi}} = \pm 0,463$$

Dengan demikian interval keyakinan 95% rata-rata hasil optimasi adalah $0,463 \pm 1,758$ atau $-1,295 \leq U_{\text{prediksi}} \leq 2,221$

4.5 Perhitungan Rasio S/N dari Respon

Rasio S/N merupakan rancangan yang digunakan untuk melakukan tranformasi pengulangan data kedalam suatu nilai ukuran variansi yang timbul. Nilai S/N rasio tergantung pada jenis karakteristik kualitas dari masing-masing respon. Karakteristik kualitas yang menjadi tujuan perbaikan kualitas adalah memaksimalkan variabilitas kekasaran permukaan benda kerja. Kualitas kekasaran benda kerja yang diharapkan adalah nilai yang terbesar. kekasaran memiliki karakteristik semangkin kecil kekasaran benda kerja maka akan semangkin baik. Adapun hasil perhitungan untuk menentukan nilai Rasio S/N dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

$$S / N \text{ Ratio} = -10 \text{ Log} [\sum_{i=1}^n y_i^2]$$

Keterangan :

Y_i = nilai kekasaran permukaan benda kerja

n = jumlah replikasi (pengulangan)

Ekperimen 1

$$S/N = -10 \log [2,459^2 + 2,455^2 + 2,339^2] = -7,670$$

Ekperimen 2

$$S/N = -10 \log [2,273^2 + 2,228^2 + 2,333^2] = -7,152$$

Ekperimen 3

$$S/N = -10 \log [2,824^2 + 2,863^2 + 2,833^2] = -8,590$$

Ekperimen 4

$$S/N = -10 \log [2,370^2 + 2,349^2 + 2,390^2] = -7,490$$

Ekperimen 5

$$S/N = -10 \log [2,792^2 + 2,826^2 + 2,812^2] = -8,974$$

Ekperimen 6

$$S/N = -10 \log [2,262^2 + 2,689^2 + 2,586^2] = -8,451$$

Ekperimen 7

$$S/N = -10 \log [2,531^2 + 2,519^2 + 2,437^2] = -7,944$$

Ekperimen 8

$$S/N = -10 \log [1,647^2 + 1,607^2 + 1,656^2] = -4,279$$

Ekperimen 9

$$S/N = -10 \log [1,655^2 + 1,729^2 + 1,681^2] = -5,296$$

Dari perhitungan Rasio S/N di atas maka untuk hasil respon kekasaran permukaan benda kerja yang memiliki karakteristik kualitas semakin besar semakin baik (*smaller the better*) dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 hasil perhitungan rasio S/N (lampiran 4)

Matriks Ortogonal L9(3 ³)							
Eksperimen	Faktor			Awal	Replikasi		SN
	A	B	C		1	2	
1	1	1	1	2,459	2,455	2,339	-7,670
2	1	2	2	2,273	2,228	2,333	-7,152
3	1	3	3	2,655	2,729	2,681	-8,590
4	2	1	2	2,370	2,349	2,390	-7,493
5	2	2	3	2,792	2,826	2,812	-8,845
6	2	3	1	2,662	2,689	2,586	-8,451
7	3	1	3	2,531	2,519	2,437	-7,944
8	3	2	1	1,647	1,607	1,656	-4,279
9	3	3	2	1,824	1,863	1,833	-5,296
Rata-rata							-6,892

4.6 Pengaruh Level dari Faktor Terhadap Variansi kekasaran

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

$$\begin{aligned}
 A1 &= 1/3 (7,670 + 7,152 + 8,590) &&= -7,804 \\
 A2 &= 1/3 (7,493 + 8,845 + 8,451) &&= -8,306 \\
 A3 &= 1/3 (7,944 + 4,279 + 5,296) &&= -5,840 \\
 B1 &= 1/3 (7,670 + 7,493 + 7,944) &&= -7,703 \\
 B2 &= 1/3 (7,152 + 8,845 + 4,279) &&= -6,802 \\
 B3 &= 1/3 (8,590 + 8,451 + 5,296) &&= -7,446 \\
 C1 &= 1/3 (7,670 + 8,451 + 4,279) &&= -6,800 \\
 C2 &= 1/3 (7,152 + 7,493 + 5,296) &&= -6,647 \\
 C3 &= 1/3 (8,590 + 8,845 + 7,944) &&= -8,503
 \end{aligned}$$

Untuk ketiga faktor utama yang diamati yaitu kecepatan spindel, gerak makan, kedalaman pemakanan. Pengaruh faktornya dapat dilihat pada Tabel 4.7 :

Tabel 4. 7 Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan Dari Pengaruh Faktor (lampiran 2)

	A	B	C
Level 1	-7,802	-7,699	-6,797
Level 2	-8,305	-6,800	-6,646
Level 3	-5,838	-7,444	-8,501
Selisih	2,467	0,899	1,855
Renking	1	3	2

4.6.1 Analisis Variansi dan Persen Kontribusi Untuk S/N Rasio

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

Perhitungan Jumlah kuadrat (*sum of square*) faktor A:

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

Perhitungan *sum of square* faktor A :

$$SS_A = \frac{23,4131^2}{3} + \frac{24,9201^2}{3} + \frac{17,5216^2}{3} - \frac{65,8548^2}{9}$$

$$SS_A = 10,1908$$

Perhitungan Jumlah kuadrat (*sum of square*) faktor B:

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

Perhitungan *sum of square* faktor B :

$$SS_B = \frac{23,1091^2}{3} + \frac{20,4068^2}{3} + \frac{22,3388^2}{3} - \frac{65,8548^2}{9}$$

$$SS_B = 1,2920$$

Perhitungan Jumlah kuadrat (*sum of square*) faktor C:

$$SS^C = \frac{c_1^2}{n_{c1}} + \frac{c_2^2}{n_{c2}} + \frac{c_3^2}{n_{c3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* faktor C :

$$SS_C = \frac{20,4021^2}{3} + \frac{19,9433^2}{3} + \frac{25,5094^2}{3} - \frac{62,2969^2}{9}$$

$$SS_C = 6,3641$$

Derajat kebebasan :

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Derajat kebebasan :

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Derajat kebebasan :

$$V_C = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*):

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{10,1908}{2} = 5,0954$$

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*):

$$MS_B = \frac{SS_b}{V_A} = \frac{1,2920}{2} = 0,6460$$

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_A} = \frac{6,3641}{2} = 3,1820$$

MS *Residual Error* (MS_e)

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{1,6911}{2} = 0,8455$$

Jumlah kuadrat total

$$SS_T = \sum Y^2$$

$$= (7,670^2) + (7,152^2) + (5,296^2) + \dots + (8,590^2)$$

$$= 501,410$$

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

$$\begin{aligned} SS_m &= n \times \bar{Y}^2 \\ &= 9 \times (6,892)^2 \\ &= 481,8721 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned} SS_{\text{Faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 10,1908 + 1,2920 + 6,3641 \\ &= 17,8721 \end{aligned}$$

Residual Error

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 501,4103 - 481,8721 - 17,8721 \\ &= 1,6911 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F rasio} &= \frac{SS_A}{SS_e} \\ &= \frac{10,1908}{1,6911} \\ &= 7,1340 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F rasio} &= \frac{SS_B}{SS_e} \\ &= \frac{1,2920}{1,6911} \\ &= 0,6669 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F rasio} &= \frac{SS_C}{SS_e} \\ &= \frac{6,3641}{1,6911} \\ &= 5,060 \end{aligned}$$

$$SS_{\text{Total}} = SS_A + SS_B + SS_C + SS_e$$

$$= 10,1908 + 1,2920 + 6,3641 + 1,6911$$

$$= 19,5382$$

Hasil perhitungan analisis variansi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini:

Tabel 4. 8 Analisis Variansi Rasio S/N Kekasaran Permukaan (lampiran 2)

Sumber	V	SS	MS	F-rasio
A	2	10,1908	5,0954	6,02
B	2	1,2920	0,6460	0,76
C	2	6,3641	3,1820	3,76
<i>Error</i>	2	1,6911	0,8455	-
Total	8	19,5382	-	-

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor, hitung terlebih dahulu SS' seperti dibawah ini :

$$SS'_A = SS_A - MS_e(V_A)$$

$$= 10,1908 - 0,8455(2)$$

$$= 18,6906$$

$$SS'_B = SS_B - MS_e(V_B)$$

$$= 1,2920 - 0,8455(2)$$

$$= 0,8930$$

$$SS'_C = SS'_C - MS_e(V_C)$$

$$= 6,3641 - 0,8455(2)$$

$$= 11,0371$$

$$S_e = SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C$$

$$= 19,5382 - 18,6906 - 0,8930 - 11,0371$$

$$= -11,0879$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus:

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

$$\rho^A = \frac{18,6906}{19,5382} \times 100\% = 95,66\%$$

$$\rho^B = \frac{0,8930}{19,5382} \times 100\% = 4,57\%$$

$$\rho^C = \frac{11,0371}{19,5382} \times 100\% = 56,49\%$$

$$\rho^e = \frac{-11,0879}{19,5382} \times 100\% = -56,74\%$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini:

Tabel 4.9 perhitungan persen kontribusi S/N (lampiran 2)

Sumber	V	SS	MS	SS'	P(%)
A	2	10,1908	5,0954	18,6906	95,66%
B	2	1,2920	0,6460	0,8930	4,57%
C	2	6,3641	3,1820	11,0371	56,49%
Error	2	1,6911	0,8455	-11,0827	-56,74%
Total	8	19,5382			100%

Dari tabel perhitungan kontribusi faktor diatas menunjukkan bahwa faktor A (Kecepatan *spindel*) memberikan kontribusi yang paling besar terhadap rasio S/N bila dibandingkan dengan faktor lainnya, yaitu 95,66%.

4.6.2 Prediksi Rasio S/N Kekasaran Permukaan Yang Optimal

Telah diketahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rasio S/N kekasaran permukaan benda kerja yang optimal:

- a. Faktor A level 3 (Kecepatan *Spindle* 1000 rpm)
- b. Faktor B level 2 (Gerak pemakanan 0,09 mm/put)
- c. Faktor C level 1 (Kedalaman Pemakanan 0,4 mm)

Sehingga model persamaan rata-rata kekasaran permukaan adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
\text{Uprediksi} &= \bar{Y} + (B - \bar{Y}) + (\bar{A}_3 - \bar{Y}) + (C_3 - \bar{Y}) \\
&= \bar{B} + \bar{A}_3 + C_3 + 2 \times Y \\
&= 7,703 + 5,840 + 6,647 + 2 \times 6,892 \\
&= 33,974
\end{aligned}$$

Sedangkan interval kepercayaan rata-rata kekasaran permukaan benda kerja tingkat kepercayaan 95% adalah sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } F(0,05;2;2) = 19,00 \text{ dan } V_e / MS_e = 0,8455$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel-variabel untuk menduga rata-rata}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{9 \times 3}{1 + (2+2+2)} = \frac{27}{7}$$

$$n_{\text{eff}} = 3,857$$

$$\begin{aligned}
CI_{\text{optimasi}} &= \pm \sqrt{F(0,05; 2; 2) V_e \times \frac{1}{n_{\text{eff}}}} \\
&= \pm \sqrt{19,00 \times 0,8455 \times \frac{1}{3,857}} \\
&= \pm 2,040
\end{aligned}$$

$$u_{\text{Prediksi}} - CI \leq u_{\text{Prediksi}} \leq u_{\text{Prediksi}} + CI$$

$$33,974 - 2,040 \leq 33,974 \leq 33,974 + 2,040$$

$$31,934 \leq 33,974 \leq 36,014$$

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

Tabel 4. 10 hasil perhitungan ANAVA (lampiran 2)

Sumber	V	SS	MS	F	P(%)
A	2	0,6245	0,3122	7,13	95,70
B	2	0,0583	0,0291	0,66	2,40
C	2	0,4431	0,2215	5,06	65,81

Error	2	0,0875	0,0437		-63,93
Total	8	1,2137	-	-	100

Nilai F_{hitung} yang lebih besar dari pada F_{tabel} mengindikasikan bahwa variabel proses tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon secara serentak. Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut :

1. Parameter A (Putaran *Spindel*)

H_0 : variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan

H_1 : ada perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan

Kesimpulan: $F_{hitung} = 7,13 < F(0,05;2;2) = 19,00$ maka H_0 diterima, artinya tidak adanya pengaruh parameter putaran spindel terhadap kekasaran permukaan tetapi dari semua parameter nilai yang paling besar ada pada parameter A (kecepatan *spindel*)

2. Parameter B (Gerak pemakanan)

H_0 : variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan

H_1 : ada perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan

Kesimpulan: $F_{hitung} = 0,66 < F(0,05;2;2) = 19,00$ maka H_0 diterima, artinya tidak adanya pengaruh parameter gerak makan terhadap kekasaran permukaan

3. Parameter C (Kedalaman pemakanan)

H_0 : variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan

H_1 : ada perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan

Kesimpulan: $F_{hitung} = 5,06 < F(0,05;2;2) = 19,00$ maka H_0 diterima, artinya tidak adanya pengaruh parameter kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan.

Kondisi hipotesis nol (H_0) untuk masing-masing parameter proses ditunjukkan pada Tabel 4.10 :

Tabel 4. 11 Kondisi hipotesis nol respon secara serentak

	Sumber Variabel	Kondis H_0
A	Diterima/gagal ditolak	
B	Diterima/gagal ditolak	
C	Diterima/gagal ditolak	

Pada tabel 4.10 yang menunjukkan kondisi hipotesis nol respon. Parameter tersebut tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap respon kekasaran permukaan, *Error* yang besar kontribusinya 95,70% mengindikasikan adanya parameter yang berpengaruh tetapi terabaikan.

Perhitungan persen kontribusi berdasarkan hasil analisis variansi dilakukan dengan menggunakan persamaan. Contoh perhitungan persen kontribusi untuk parameter A (kecepatan *spindel*) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 SS'_A &= SS'_A - MS_e(V_A) \\
 &= 0,6245 - 0,0437 (2) \\
 &= 1,1616
 \end{aligned}$$

Dengan demikian

$$\rho^A = \frac{1,1616}{1,2137} \times 100\% = 95,70\%$$

Tabel menunjukkan bahwa Parameter kecepatan *spindel* (A), Gerak makan (B), Kedalaman pemakanan (C) tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap kekasaran permukaan. Parameter yang memiliki kontribusi terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan *spindel*, yaitu 95,70% diikuti dengan gerak makan yang memiliki persen kontribusi sebesar 2,40% dan kedalaman pemakanan memiliki persen kontribusi sebesar 65,81%.

4.7 Percobaan Konfirmasi

Percobaan validasi dilakukan untuk memverifikasi hasil yang diperoleh. Hal ini dilakukan dengan membandingkan interval kepercayaan rata-rata untuk

kekasaran permukaan yang diprediksi dengan interval kepercayaan rata-rata untuk eksperimen validasi. Eksperimen validasi dilakukan dengan menggunakan kombinasi pengaturan parameter yang diperoleh dari hasil optimasi. Pada penelitian ini, respon kombinasi awal juga dibandingkan dengan respon kombinasi optimal. Kombinasi awal dan kombinasi optimal dalam percobaan ditunjukkan pada Tabel 4.12:

Tabel 4. 12 Kombinasi parameter proses untuk kondisi awal dan kondisi optimum

Variabel proses	Kombinasi awal		Kombinasi Optimum	
	Nilai	Level	Nilai	Level
Kecepatan <i>Spindel</i> (A)	1000	3	1000	3
Gerak pemakanan (B)	0,09	2	0,09	2
Kedalaman Pemakanan (C)	0,4	1	0,4	1

4.7.1 Hasil Pengolahan Data Eksperimen Kombinasi Awal

Berikut adalah hasil dari perhitungan kombinasi awal dapat dilihat pada Tabel 4.13 :

Tabel 4. 13 perhitungan kombinasi awal dan akhir

	Replikasi					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Kombinasi awal	1,662	1,730	1,656	1,647	1,683	1,675
Kombinasi optimum	1,657	1,580	1,603	1,640	1,610	1,617

Perhitungan rasio S/N untuk masing-masing respon dilakukan dengan menggunakan persamaan. Hasil rasio S/N tersebut ditunjukkan pada tabel 4.14 di bawah ini:

Tabel 4. 14 perhitunngan S/N untuk masing-masing respon

<i>Setting</i> respon	Kombinasi awal		Kombinasi optimum	
	Nilai rata-rata	Rasio S/N	Nilai rata-rata	Rasio S/N
Kekasaran permukaan	1,675	4,484	1,617	4,173

Pada penelitian ini di lakukan perbandingan antara interval keyakinan rata-rata kekasaran kombinasi awal dengan interval keyakinan rata-rata kekasaran kombinasi optimum. Perbandingan tersebut di tunjukan pada tabel 4.14 di bawah ini:

Tabel 4. 15 perbandingan kombinasi

	Kombinasi awal	Kombinasi optimum
Kekasaran permukaan (μm)	1,675	1,617

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa nilai kekasaran kombinasi asli adalah 1,784 dan kombinasi optimal adalah 1,617. Penentuan interval kepercayaan kekasaran rata-rata untuk percobaan validasi dilakukan dengan menghitung jumlah pengamatan efektif terlebih dahulu. Jumlah pengamatan yang valid dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel} - \text{variabel untuk menduga rata} - \text{rata}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{9 \times 3}{1 + (2 + 2 + 2)} = \frac{27}{7}$$

$$n_{\text{eff}} = 3,857$$

$$\text{Nilai } F_{(0,05;2;2)} = 19,00 \text{ dan } MS_E = 0,0437 \text{ } r=5$$

Perhitungan interval keyakinan rata-rata kekasaran percobaan konfirmasi dengan menggunakan persamaan adalah sebagai berikut:

$$CI_{\text{optimasi}} : \sqrt{F_{\alpha;1;v_E} \cdot MS_E \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{\text{optimasi}} : \sqrt{19,00 \times 0,0437 \times \left[\frac{1}{3,857} + \frac{1}{5} \right]}$$

$$CI_{\text{optimasi}} : \pm 0,617$$

Dengan demikian interval keyakinan 95% rata-rata kekasaran konfirmasi adalah $1,617 \pm 0,617$ atau $1,000 \leq$ kekasaran konfirmasi $2,234$ percobaan konfirmasi digunakan untuk memverifikasi bahwa nilai rata-rata yang di taksir untuk parameter dan level yang telah di pilih dari percobaan adalah valid.

Estimasi nilai rata-rata yang sebenarnya pada kondisi optimum didasarkan pada hasil nilai rata-rata yang di peroleh dari percobaan. Validasi ditetapkan jika rata-rata dari hasil percobaan konfirmasi berada di dalam interval hasil prediksi.

Pada pengaturan kombinasi yang optimal, rata-rata kekasaran permukaan masih dalam batas halus. Keterbatasan halus adalah tingkat kekasaran N7. Karena kita perlu mengetahui perbedaan antara nilai awal dari respons pengikatan dan nilai optimal dari respons pengikatan, kami melakukan pemeriksaan statistik menggunakan uji kesamaan rata-rata untuk setiap respons. Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah:

1. Uji kenormalan data
2. Uji dua variasi
3. Uji kesamaan rata-rata

Hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Uji kenormalan data (menggunakan uji *kologrov-smirnov*)

- Hiptesis uji kenormalan data:

Ho: data berdistribusi normal

H1: data tidak berdistribusi normal

- Kriteria penolakan

Tolak H_0 , jika nilai *P-value* $< \alpha$ dan $\alpha = 5\% = 0,05$

- Kesimpulan

Berdasarkan kriteria penolakan, hasil uji kenormalan data kekasaran permukaan di tunjukan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 16 hasil uji kenormalan data (lampiran 2)

Respon	p-value	Kondisi H0	Data
Kekasaran permukaan awal	0,150	Gagal ditolak	Berdasarkan normal
Kekasaran permukaan optimum	0,150	Gagal di tolak	Berdasarkan normal

Hasil uji kenormalan data untuk respon kekasaran permukaan diperoleh nilai *p-Value* lebih besar dari $\alpha = 0,05$, sehingga H0 gagal ditolak. Jadi dapat disimpulkan kedua respon tersebut berdistribusi normal.

1. Uji dua variansi (*two variances*)

- Hipotesis uji dua variansi adalah:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

- Kriteria penolakan adalah:

Tolak H0, jika nilai *P-value* $< \alpha$ dan $\alpha = 5\% = 0,05$

- Kesimpulan

Berdasarkan kriteria penolakan, hasil uji dua variansi untuk respon kekasaran permukaan di tunjukan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 17 hasil uji dua variansi (lampiran 2)

Respon	p-value	Kondisi H0	Variasi
Kekasaran permukaan	0,862	Gagal ditolak	Sama

Hasil uji dua variansi data untuk respon kekasaran permukaan diperoleh nilai *p-value* lebih besar dari $\alpha = 0,05$, sehingga H0 gagal di tolak. Jadi dapat di simpulkan kedua respon tersebut bernilai sama.

2. Uji kesamaan rata-rata (*two sample t-test*)

- Hipotesis uji dua variansi adalah:

H0: kekasaran permukaan awal= kekasaran permukaan optimum

H1: kekasaran permukaan awal > kekasaran permukaan optimum

- Kriteria penolakan adalah:
Tolak H0, jika nilai P-value < α dan $\alpha = 5\% = 0,05$
- Kesimpulan

Berdasarkan kriteria penolakan, hasil uji dua variansi untuk respon kekasaran permukaan ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 18 hasil uji dua variasi

Respon	P-value	Kondisi H0	Rata-rata
Kekasaran permukaan	0,025	Ditolak	Kekasaran permukaan > kekasaran optimum

Hasil uji kesamaan rata-rata untuk respon kekasaran permukaan di peroleh nilai *p-value* lebih kecil dari $\alpha = 0,05$, sehingga H0 ditolak. Jadi dapat di simpulkan kekasaran permukaan awal lebih besar dari kekasaran permukaan optimum.

4.8 Hasil pengolahan data eksperimen kombinasi awal

Hasil dari eksperimen kombinasi awal tersebut harus berada dalam interval kepercayaan konfirmasi.

Penentuan interval keyakinan rata-rata kekasaran untuk percobaan konfirmasi di lakukan dengan terlebih dahulu menghitung banyakan pengamatan efektif. Banyakan pengamatan efektif di hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel} - \text{variabel untuk menduga rata - rata}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{9 \times 3}{1 + (2 + 2 + 2)} = \frac{27}{7}$$

$$n_{\text{eff}} = 3,857$$

Nilai F $(0,05;2;2) = 19,00$ dan $MS_E = 0,0437$ r=5

Perhitungan interval keyakinan rata-rata kekasaran percobaan konfirmasi dengan menggunakan persamaan adalah sebagi berikut:

$$CI_{optimasi} : \sqrt{F_{\alpha;1;v_E} \cdot MS_E \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{optimasi} : \sqrt{19,00 \times 0,0437 \times \left[\frac{1}{3,857} + \frac{1}{5} \right]}$$

$$CI_{optimasi} : \pm 0,617$$

Dengan demikian interval keyakinan 95% rata-rata kekasaran konfirmasi adalah $1,617 \pm 0,617$ Atau $1,000 \leq \text{kekasaran}_{\text{konfirmasi}} \leq 2,234$.

4.9 Perhitungan rasio S/N eksperimen kombinasi awal

Hasil dari eksperimen konfirmasi tersebut kemudian di hitung rata-ratanya ditransformasikan dalam bentuk rasio S/N.

$$\begin{aligned} \text{Nilai rata-rata} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1,662 + 1,730 + 1,656 + 1,647 + 1,683}{5} \\ &= 1,675 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai s/n rasio} &= -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Y_i^2] \right] \\ &= -10 \log \left[\frac{1}{5} \left[\frac{1}{1,662^2} + \frac{1}{1,730^2} + \frac{1}{1,656^2} + \frac{1}{1,647^2} + \frac{1}{1,683^2} \right] \right] \\ &= 4,484 \end{aligned}$$

1. Interval kepercayaan rasio S/N eksperimen kombinasi awal adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai } F_{(0,05;2;2)} = 19,00 \text{ dan } MS_E = 0,8455r = 5$$

$$CI_{optimasi} : \sqrt{F_{\alpha;1;v_E} \cdot MS_E \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{optimasi} : \sqrt{19,00 \times 0,8455 \times \left[\frac{1}{3,857} + \frac{1}{5} \right]}$$

$$CI_{optimasi} : \pm 2,7162$$

Interval kepercayaan untuk variabilitas adalah :

$$4,484 - 2,7162 \leq S/N_{\text{Kombinasi awal}} \leq 4,484 + 2,7162$$

$$1,768 \leq S/N_{\text{Kombinasi awal}} \leq 7,200$$

4.10 Hasil pengolahan data eksperimen konfirmasi

Hasil dari eksperimen konfirmasi tersebut harus berada dalam interval kepercayaan konfirmasi.

Penentuan interval keyakinan rata-rata kekasaran untuk percobaan konfirmasi di lakukan dengan terlebih dahulu menghitung banyakan pengamatan efektif. Banyakan pengamatan efektif di hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel} - \text{variabel untuk menduga rata - rata}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{9 \times 3}{1 + (2+2+2)} = \frac{27}{7}$$

$$n_{\text{eff}} = 3,857$$

$$\text{Nilai } F_{(0,05;2;2)} = 19,00 \text{ dan } MS_E = 0,0437 \text{ } r=5$$

Perhitungan interval keyakinan rata-rata kekasaran percobaan konfirmasi dengan menggunakan persamaan adalah sebagi berikut:

$$CI_{\text{optimasi}} : \sqrt{F_{\alpha;1;v_E} \cdot MS_E \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{\text{optimasi}} : \sqrt{19,00 \times 0,0437 \times \left[\frac{1}{3,857} + \frac{1}{5} \right]}$$

$$CI_{\text{optimasi}} : \pm 0,617$$

Dengan demikian interval keyakinan 95% rata-rata kekasaran konfirmasi adalah $1,617 \pm 0,617$ Atau $1,000 \leq \text{kekasaran}_{\text{konfirmasi}} \leq 2,234$.

4.11 Perhitungan rasio S/N eksperimen konfirmasi optimum

Hasil dari eksperimen konfirmasi tersebut kemudian di hitung rata-ratanya ditransformasikan dalam bentuk rasio S/N.

$$\begin{aligned} \text{Nilai rata-rata} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1,640+1,601+1,657+1,580+1,610}{5} \\ &= 1,617 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai s/n rasio} &= -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Y_i^2] \right] \\ &= -10 \log \left[\frac{1}{5} \left[\frac{1}{1,640^2} + \frac{1}{1,601^2} + \frac{1}{1,657^2} + \frac{1}{1,580^2} + \frac{1}{1,610^2} \right] \right] \\ &= 4,173 \end{aligned}$$

1. Interval kepercayaan rasio S/N eksperimen kombinasi awal adalah sebagai berikut :

Nilai $F_{(0,05;2;2)} = 19,00$ dan $MS_E = 0,8455$ $r = 5$

$$CI_{\text{optimasi}} : \sqrt{F_{\alpha;1;v_E} \cdot MS_E \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{\text{optimasi}} : \sqrt{19,00 \times 0,8455 \times \left[\frac{1}{3,857} + \frac{1}{5} \right]}$$

$$CI_{\text{optimasi}} : \pm 2,7162$$

Interval kepercayaan untuk variabilitas adalah :

$$4,173 - 2,7162 \leq S/N_{\text{Kombinasi awal}} \leq 4,173 + 2,7162$$

$$1,457 \leq S/N_{\text{Kombinasi awal}} \leq 6,889$$

4.12 Pembahasan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis sebelumnya, kombinasi faktor-faktor yang mempengaruhi rata-rata dan varians kekasaran permukaan adalah sama, yaitu kecepatan *spindel* 1000 rpm, gerak makan 0,09 mm/put, dan kedalaman pemakanan adalah 0,4mm dan dari hasil perhitungan interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95% untuk eksperimen awal kemudian dibandingkan dengan interval eksperimen konfirmasi berada pada interval kepercayaan eksperimen Taguchi. Interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.19:

Tabel 4. 19 perbandingan dengan interval eksperimen

Respon		Prediksi	Optimasi
Eksperimen	Rata –rata	1,675	1,675 ± 0,616
Kombinasi awal	Variabilitas	4,484	4,484± 2,716
Eksperimen taguchi	Rata –rata	1,636	1,758± 0,463
	Variabilitas	33,974	33,974 ± 2,040
Eksperimen	Rata –rata	1,617	1,617 ± 0,616
Kombinasi optimum	Variabilitas	4,173	4,173 ± 2,716

Berdasarkan interpretasi hasil perhitungan kekasaran permukaan yang tertera pada Tabel 4.19, yaitu eksperimen Taguchi ke eksperimen konfirmasi mengalami peningkatan. Dengan demikian kombinasi optimal faktor-faktor tersebut diatas terbukti dapat meningkatkan kekasaran permukaan benda kerja.

Eksperimen konfirmasi digunakan untuk memverifikasi bahwa estimasi rata-rata variabel dan level yang dipilih dari eksperimen adalah valid.

Kekasaran rata-rata yang dikonfirmasi sebesar 1,636. Dari sini, dapat disimpulkan bahwa pengaturan kombinatorial tingkat parameter di bawah kondisi optimal yang diperoleh adalah valid.

Tabel 4.19 menunjukkan rata-rata kekasaran permukaan 1,675 dalam percobaan menggunakan pengaturan gabungan awal dan rata-rata kekasaran permukaan 1,617 menggunakan pengaturan gabungan optimal. Kekasaran permukaan rata-rata pada pengaturan gabungan terbaik berada dalam kisaran pemesinan halus. Nilai kekasaran N7.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan, proses optimasi, percobaan konfirmasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dari penelitian yang berjudul “ Optimasi variasi parameter proses permasinan terhadap tingkat kekasaran permukaan material SKD-11 dengan menggunakan mesin bubut Geminis “ dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kontribusi dari parameter proses dalam mengurangi variansi respon kekasaran permukaan benda kerja adalah sebagai berikut:
 - a. Kecepatan *Spindel* memiliki nilai persen kontribusi sebesar 95,66%
 - b. Gerak pemakanan memiliki nilai persen kontribusi sebesar 4,57%
 - c. Kedalaman Pemakanan memiliki nilai persen kontribusi sebesar 56,72%
- 2 *Setting* kombinasi level parameter proses yang tepat pada Mesin Bubut GEMINIS *TORNOS S.L*, sehingga dapat mengoptimalkan respon kekasaran permukaan benda kerja yang optimal, semangkin besar putaran spindel maka hasil pembubutan semangkin halus, semangkin kecil gerak pemakan maka hasil yg diinginkan maka hasil akan halus pula dan kedalaman pemakanan juga mempengaruhi apabila semangkin kecil maka hasilnya pun semangkin halus. Adapun *setting* parameter yang baik adalah sebagai berikut:
 - a. Kecepatan *Spindel* diatur sebesar 1000 rpm
 - b. Gerak pemakanan 0,09 mm/put
 - c. Kedalaman Pemakanan 0,4 mm.

5.2. Saran

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

1. Metode optimasi dalam penelitian ini menggunakan metode taguchi, pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan metode lainnya.

2. Untuk mengetahui pengaruh dari analisis ANAVA, kedalaman pemakanan dapat dikembangkan dengan level diatas level pada penelitian ini.



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*, pp. 40-47.

Allam, T. S., 2019. Pengaruh Laju Pemakanan dan Kedalaman Pemakanan Pada Proses CNC Turning Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 60. *Diss. UNNES*, p. 14.

Apreza, S., Kurniawan, Z. & Subhan, M., 2017. Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Pembubutan Baja ST.42 Dengan Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Manutech*, Juni, Volume 9, pp. 76-85.

Ardiansyah, D. A. & Sakti, A. M., 2013. Pengaruh Jenis Pahat dan Cairan Pendingin Serta Kedalaman Pemakanan. *Universitas Negeri Surabaya*, p. 2.

Ardianto, R., 2010. *pengaruh kecepatan spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil permesinan bubut cnc pada baja st 40*. surakarta: universitas sebelas maret.

Dewangga, S. P. F., Nugraha, n. & Dantes, K. R., 2017. Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Mesin Bubut Terhadap Keausan Pada Alat Potong Pahat HSS Tipe Bohler MO 1/2X4.

Hadimi, 2008. *Pengaruh Perubahan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan*. Pontianak: Politeknik Negeri Pontianak.

Kurniawan, Z., Yudo, E. & Rosmansyah, R., 2018. Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Material Amutit Dengan Proses CNC Turning Menggunakan Desain Taguchi. *Jurnal Manutech*, 1 Juni, Volume Vol. 10, pp. Hal.46-57.

Mustaqim, Kosjoko & Finali, A., 2014. Pengaruh Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran. *Universitas Muhammadiyah Jember*, p. 4.

P.I.Gultom, k., 2020. Pengaruh Kecepatan Potong, Kecepatan Pemakanan Dan Sudut Potong Utama Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Medium Carbon Steel. Volume 1..

Raul, Widiyanti & Poppy, 2016. pengaruh variasi kecepatan potong dan kedalaman potong pada mesin bubut terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja st 41. *teknik mesin*.

Rudi salam, S., 2019. Pengaruh kecepatan potong (V_c) terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan kering baja ASTM A 29 menggunakan pahat karbida berlapis. *Politeknik Negeri Bangkalis*, p. 1.



Lampiran 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Rizki Fachrezi
Tempat & Tanggal lahir : Muntok, 18 April 1999
Alamat : Ds.kedondong, kec. jebus
Bangka Barat, Prov. Bangka Belitung.
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Telp : -
Hp : 08216753466
E-mail : rizkifachrezi545@gmail.com

2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 3 Jebus Lulus Tahun 2011
SMP NEGERI 2 Jebus Lulus Tahun 2014
SMA NEGERI 1 Jebus Lulus Tahun 2017

3. Riwayat Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 12 Januari 2022



Rizki Fachrezi

Lampiran 2

ANALISIS VARIAN *SOFTWARE* STATISTIK

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	10,195	10,195	5,0976	6,03	0,142
B	2	1,288	1,288	0,6442	0,76	0,568
C	2	6,370	6,370	3,1852	3,77	0,210
Residual Error	2	1,691	1,691	0,8456		
Total	8	19,545				

Analysis of Variance for Means

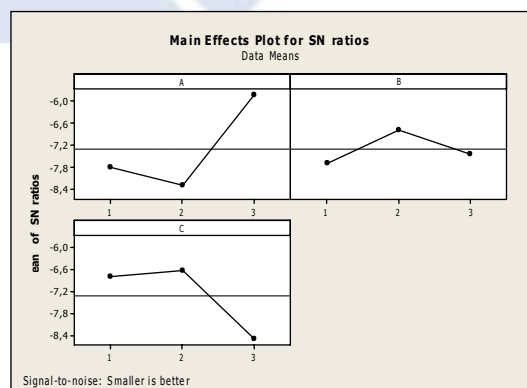
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	0,62465	0,62465	0,31232	7,13	0,123
B	2	0,05817	0,05817	0,02908	0,66	0,601
C	2	0,44329	0,44329	0,22164	5,06	0,165
Residual Error	2	0,08763	0,08763	0,04382		
Total	8	1,21374				

Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

Level	A	B	C
1	-7,802	-7,699	-6,797
2	-8,305	-6,800	-6,646
3	-5,838	-7,444	-8,501
Delta	2,467	0,899	1,855
Rank	1	3	2

Response Table for Means

Level	A	B	C
1	2,461	2,427	2,233
2	2,608	2,241	2,162
3	1,990	2,391	2,664
Delta	0,618	0,186	0,502
Rank	1	3	2



Test

Null hypothesis $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value DF P-Value

2,86 7 0,025

Null hypothesis $H_0 : \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Alternative hypothesis $H_1 : \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Significance level $\alpha = 0,05$

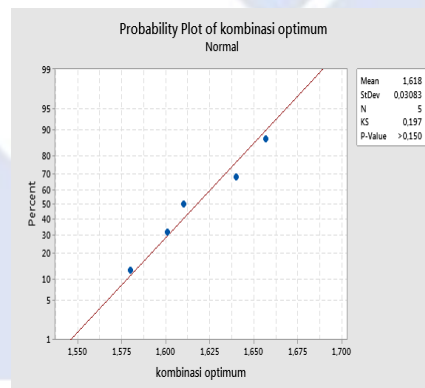
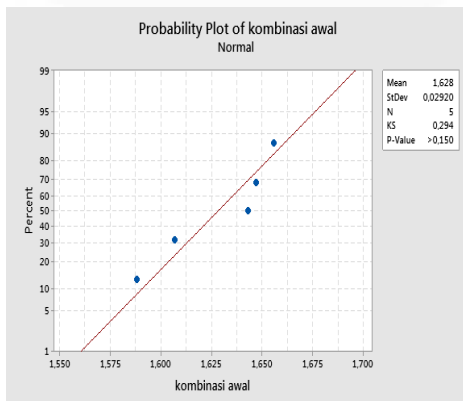
Test

Method Statistic DF1 DF2 P-Value

Bonett 0,03 1 0,862

Levene 0,00 1 8 0,958

Uji kenormalan data



Lampiran 3



KECEPATAN SPINDEL


Katalog

■ **Recommended Cutting Conditions**
Work Material: Hardened steel (50-62HRC), SKD11, SKD61, SKH51,
high-speed steel powder, high-speed steel

Process	Cutting Speed V_c (m/min)	Feed Rate f (mm/rev)	Depth of Cut a_p (mm)	Recommended Chipbreaker
Finishing	40 to 100	0.02 to 0.10	< 1	Without Chipbreaker Inserts
Medium Roughing	20 to 60	0.02 to 0.05	1 to 3	GH Type

For hardened steel (50 to 62HRC)

Chipbreaker for Hardened Steel Turning/Chipbreaker for Aluminum Alloy and Non-Ferrous Metal Turning
GH Type  / **AX** Type / **AY** Type 



$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000}$$

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d}$$

Kecepatan *spindle* level 1:

$$n = \frac{50 \times 1000}{\pi \times 25} = 641 \Rightarrow 610 \text{ put/menit}$$

Kecepatan *spindle* level 2:

$$n = \frac{60 \times 1000}{\pi \times 25} = 769 \Rightarrow 760 \text{ put/menit}$$

Kecepatan *spindle* level 3:

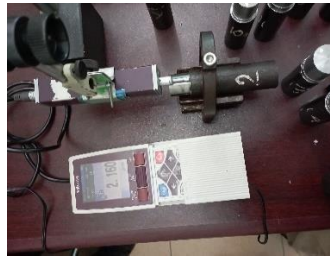
$$n = \frac{80 \times 1000}{\pi \times 25} = 1.025 \Rightarrow 1.000 \text{ put/menit}$$

Lampiran 4

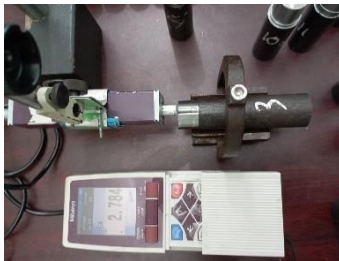
PROSES PENGUKURAN



gambar benda kerja 1



gambar benda kerja 2



gambar benda kerja 3



gambar benda kerja 4



gambar benda kerja 5



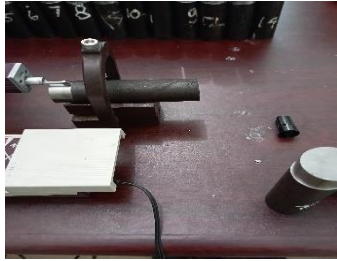
gambar benda kerja 6



gambar benda kerja 7



gambar benda kerja 8



Gambar benda kerja 9



Gambar benda kerja 1 replikasi 1



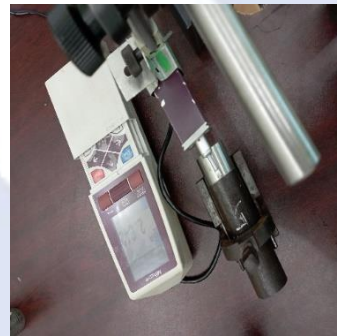
Gambar benda kerja 2 replikasi 1



Gambar benda kerja 3 replikasi 1



Gambar benda kerja 4 replikasi 1



Gambar benda kerja 5 replikasi 1



Gambar benda kerja 6 replikasi 1



Gambar benda kerja 7 replikasi



Gambar benda kerja 8 replikasi 1



Gambar benda kerja 9 replikasi 1



Gambar benda kerja 1 replikasi 2



Gambar benda kerja 2 replikasi 2



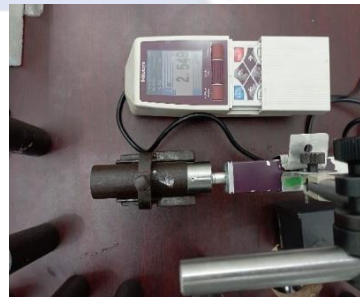
Gambar benda kerja 3 replikasi 2



Gambar benda kerja 4 replikasi 2



Gambar benda kerja 5 replikasi



Gambar benda kerja 6 replikasi 2



Gambar benda kerja 7 replikasi 2



Gambar benda kerja 8 replikasi 2



Gambar benda kerja 9 replikasi 2



Gambar benda kerja konfirmasi 1



Gambar benda kerja konfirmasi 2



Gambar benda kerja konfirmasi 3



Gambar benda kerja konfirmasi 4



Gambar benda kerja konfirmasi 5



Gambar saat pengambilan data

Lampiran 5

F-TABEL

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

Lampiran 6

Sertifikat benda kerja SKD-11

Baostool Industries Co., Ltd.
上海精炼进出口有限公司
CERTIFICATE OF QUALITY FOR STEEL PRODUCT
钢材质量证明书

INVOICE NO./CONTRACT NO.: SS1D190329-2

NO	ITEM	NO. CHM	SIZE (公称规格)	STEEL GRADE (牌号)	HEAT NO. (炉号)	QTY (支数)	WEIGHT (KG) (重量)	DELIVERY STATUS (交货状态)	CHEMICAL COMPOSITION (化学成分 %)									
									C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Mo		
1		722830	20	SKD11	4-118	20	192	BLACK	1.521	0.32	0.489	0.022	0.011	11.15	0.215	0.831		
2		722830	25	SKD11	4-118	18	232	BLACK	1.521	0.32	0.489	0.022	0.011	11.15	0.215	0.831		
3		722830	30	SKD11	4-118	5	172	BLACK	1.521	0.32	0.489	0.022	0.011	11.15	0.215	0.831		
4		722830	32	SKD11	4-118	17	490	BLACK	1.521	0.32	0.489	0.022	0.011	11.15	0.215	0.831		
5		722830	38	SKD11	4-118	23	634	BLACK	1.521	0.32	0.489	0.022	0.011	11.15	0.215	0.831		
6		722830	40	SKD11	4-034	26	1032	BLACK	1.508	0.311	0.422	0.021	0.009	11.08	0.201	0.809		
7																		

MECHANICAL PROPERTIES (机械性能)					MACROSCOPIC STRUCTURE (宏观组织)				ULTRASONIC TESTING (超声波探伤)
TENSILE (抗拉强度) MPa	YIELD (屈服强度) MPa	ELONGATION (延伸率) %	CONTRACTION (收缩率) %	IMPACT (冲击) J	ORIENT. (取向) (mm)	CENTR. (中心) (mm)	PERIPHER. (周边) (mm)	GRAN. (晶粒) 级别	REMARKS (备注)
					400/205/190				SEP1921-84 D/d
					198/210/215				OK
					220/190/200				OK
					230/215/199				OK
					212/195/220				OK
					225/210/228				OK

BAND STRUCTURE (带组织)	CARBIDE LIQUID SEGREGATION (碳化物液析)	MICRO POROSITY (显微孔隙)	NON METALLIC INCLUSION (非金属夹杂物)				REMARKS (备注)
			A (F/M)	B (A/M)	C (S/M)	D (A/S)	

注: 有异议时, 请标明钢号、炉号、规格、交货日期、原因, 并附供货状态的实物, 出证质量证明书原件。
 NOTE: WHEN THERE'S ANY COMPLAINT, YOU ARE KINDLY REQUESTED TO MARK THE STEEL GRADE, HEAT NO, SPECIFICATION DELIVERY DATE REASON AND RESERVE THE MATERIAL IN DELIVERY CONDITION.

BAOSTEEL INDUSTRIES CO., LTD.
上海精炼进出口有限公司