

**PENGARUH VARIASI PARAMETER TERHADAP *MATERIAL
REMOVAL RATE* DAN KEKASARAN PERMUKAAN
STAINLESS STEEL 304 PADA PROSES *CNC MILLING***

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

Dimas Putra Utama

NPM : 1041836

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2021/2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI PARAMETER TERHADAP *MATERIAL REMOVAL RATE* DAN KEKASARAN PERMUKAAN *STAINLESS STEEL 304* PADA PROSES *CNC MILLING*

Oleh :

Dimas Putra Utama / NPM : 1041836

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



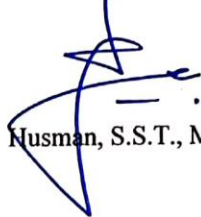
Eko Yudo, S.S.T., M.T

Pembimbing 2



Erwansyah, S.S.T., M.T

Penguji 1



Nusman, S.S.T., M.T

Penguji 2



Boy Rollastin, S.Tr., M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Dimas Putra Utama

NPM 1041836

Dengan Judul : Pengaruh variasi parameter terhadap material removal rate
dan kekasaran permukaan stainless steel 304 pada proses *CNC Milling*

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

Sungailiat, 19 januari 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Dimas Putra Utama

ABSTRAK

Material removal rate yang besar dan kekasaran permukaan yang minimal adalah tujuan yang diinginkan pada proses CNC MORI SEIKI MV40-m dengan parameter-parameter proses yang tepat agar diperoleh respon material removal rate yang besar dan kekasaran permukaan yang minimal. Parameter yang digunakan adalah kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan kecepatan spindel. Rancangan percobaan yang digunakan berdasarkan metode response surface methodology berupa box behnken design. Percobaan dilakukan secara acak sebanyak 3 replikasi agar menghasilkan hasil yang lebih optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk parameter yang berkontribusi besar terhadap material removal rate dan kekasaran permukaan yaitu kecepatan potong dan kedalaman pemakanan. Untuk memperoleh nilai material removal rate yang besar, kecepatan potong diatur sebesar 143,28mm/menit dan kedalaman pemakanan diatur sebesar 0,25mm dengan hasil 4,694mm³/menit. Dan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang minimal, kecepatan potong sebesar 118,05mm/menit dan kedalaman pemakanan sebesar 0,15mm dengan hasil 0,964 μm .

Kata Kunci: Stainless Steel 304, Material Removal Rate, Kekasaran Permukaan, response surface methodology

ABSTRACT

Large material removal rate and minimal surface roughness are the desired objectives in the CNC MORI SEIKI MV40-m process with the right process parameters to obtain a large material removal rate response and minimal surface roughness. The parameters used are cut speed, nutritional depth and spindle speed. The experimental design used based on the response surface methodology method in the form of a behnken design box. The experiment was randomized as many as 3 replications to produce more optimal results. The results showed that for parameters that contribute greatly to material removal rate and surface roughness is cutting speed and depth of cut. To obtain a large material removal rate, the cut speed is set at 143.28mm/min and the depth of cut is set at 0.25mm with a yield of 4.694mm³/minute. And to get the minimal surface roughness value, the cut speed is 118.05mm/min and the depth of cut is 0.15mm with a yield of 0.964 μm .

Keywords: Stainless Steel 304, Material Removal Rate, Surface Roughness, Response Surface Methodology

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat serta hidayah-Nya, yang karena-Nya, penulis diberikan kesehatan dan kesabaran dalam menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Parameter Terhadap *Material Removal Rate* dan Kekasaran Permukaan *Stainless Steel 304* Pada Proses *CNC Milling*”

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Diploma IV pada Jurusan Teknik Mesin pada prodi D4 Teknik Mesin Dan Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Penulis menyadari dalam penulisan proyek akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya memudahkan dikemudian hari agar bisa memperbaiki kekurangan.

Dalam penulisan proyek akhir ini, penulis selalu mendapatkan bimbingan,dorongan serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam menyusun proyek akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

1. Kepada orang tua penulis ayah Zulkarnain dan almarhumah ibu Yunita serta adik yang selalu memberi saya semangat,cinta,kasih sayang,doa yang tulus serta telah mendidik dan mengarahkan penulis dari awal hingga selesainya proyek akhir ini
2. Bapak Eko Yudo, S.S.T., M.T selaku pembimbing 1 yang telah membimbing saya hingga selesainya proyek akhir ini
3. Bapak Erwansyah, S.S.T., M.T selaku pembimbing 2 yang telah membimbing saya hingga selesainya proyek akhir ini

4. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin Dan Manufaktur
7. Bapak Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T selaku Ketua Komisi Proyek Akhir
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin dan Staff Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membekali saya ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun proyek akhir ini
9. Segenap keluarga besar kelas B Teknik Mesin Dan Manufaktur 2017. Kita adalah sebuah keluarga selama 4 tahun yang akan saya kenang selalu
10. Sahabat, Teman dan orang terdekat dibalik layar yang tidak bisa disebutkan namanya satu per satu

Akhirnya penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak disebutkan namanya penulis memohon maaf. Dengan besar harapan semoga penulisan proyek akhir ini yang ditulis oleh penulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca. Semoga amal dan kebaikan kita semua mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa, Aamiin.

Sungailiat, 19 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN SAMPUL DEPAN

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
I. DAFTAR LAMPIRAN	xiv
II. BAB I	II-1
PENDAHULUAN	II-1
1.1. Latar Belakang.....	II-1
1.2. Rumusan Masalah.....	II-2
1.3. Tujuan Penelitian	II-2
III. BAB II	III-1
DASAR TEORI	III-1
2.1. <i>Computer Numerical Control (CNC)</i>	III-1
2.2. Proses Kerja <i>Milling</i>	III-1
2.3. Prinsip Kerja <i>CNC Milling</i>	III-2
2.4. Parameter Pengoperasian Mesin <i>Milling</i>	III-2
2.5. <i>Stainless Steel</i>	III-4
2.6. Kekasaran Permukaan.....	III-5
2.7. <i>Material Removal Rate</i>	III-6
2.8. <i>Respons surface methodologi</i>	III-7
2.9. Penentuan Variabel	III-11
2.10. Hipotesa	III-11

IV. BAB III	V-1
METODOLOGI PENELITIAN	IV-1
3.1 Diagram Alir Penelitian	IV-1
3.2 Studi Literatur	IV-2
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	IV-2
3.4 Persiapan alat dan bahan.....	IV-2
3.4.1. Mesin CNC <i>milling</i>	IV-2
3.4.2. Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210.....	IV-3
3.4.3. Timbangan Digital	IV-4
3.4.4. V-Block.....	IV-5
3.4.5. <i>Dial indicator</i> dan <i>holder dial</i>	IV-5
3.4.6. Mata Potong.....	IV-6
3.4.7. Material.....	IV-6
3.5. Variabel Faktor	IV-7
3.6. Pengambilan Data Kekasaran Permukaan	IV-7
3.6.1. Proses pengambilan nilai kekasaran	IV-8
3.7. Pengambilan Data <i>Material Removal Rate</i>	IV-9
3.7.1. Pengambilan Data Hasil Material Removal Rate	IV-10
3.8. Analisis Data.....	IV-10
V. BAB IV	V-1
HASIL DAN PEMBAHASAN	V-1
4.1. Data Hasil Material Removal Rate	V-1
4.2. Proses Software Analisis Material Removal Rate	V-5
4.3. Anova Material Removal Rate	V-6
4.4. Uji Lack Of Fit Material Removal Rate	V-7
4.5. Uji Kenormalan Residual Material Removal Rate	V-8
4.5.1. Pengujian asumsi Residual IIDN Material Removal Rate.....	V-9
4.6. Grafik surface dan Contour Plot Material Removal Rate.....	V-10
4.6.1. Kedalaman pemakanan dan kecepatan potong	V-10
4.6.2. Putaran spindel dan kecepatan potong.....	V-11
4.6.3. Putaran spindel dan kedalaman pemakanan	V-12

4.7.	Pengambilan Data Hasil Kekasaran.....	V-13
4.7.1.	Data hasil kekasaran replikasi 1.....	V-14
4.7.2.	Data hasil kekasaran replikasi 2.....	V-14
4.8.	Proses Software Analisis Kekasaran.....	V-17
4.9.	Anova Kekasaran Permukaan.....	V-18
4.10.	Uji Lack Of Fit Kekasaran Permukaan.....	V-19
4.11.	Uji Kenormalan Residual Kekasaran.....	V-20
4.12.	Pengujian asumsi Residual IIDN Kekasaran Permukaan	V-21
4.13.1.	Grafik <i>surface plot of respons</i> vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan.....	V-22
4.13.2.	Grafik <i>surface plot of</i> kekasaran permukaan vs kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan.....	V-23
4.14.1.	Grafik <i>surface plot of</i> Kekasaran Permukaan vs kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan	V-24
VI.	BAB V.....	VI-1
	KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
VII.	DAFTAR PUSTAKA	6
VIII.	LAMPIRAN 1.....	7
	Daftar Riwayat Hidup	7
IX.	LAMPIRAN 2.....	8
	SERTIFIKAT STAINLESS STEEL 304	8

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2. 1 Standar simbol nilai kekasaran menurut (<i>ISO</i>)	I-6
Tabel 3. 1 spesifikasi mesin CNC Milling Mori Seiki MV- 40m	IV-2
Tabel 3. 2 Surface roughness tester Mitutoyo SJ-210.....	IV-4
Tabel 3. 3 spesifikasi timbangan digital.....	IV-5
Tabel 3. 4 <i>Insert carbide milling</i> APMT 1135.....	IV-6
Tabel 3. 5 <i>Spesifikasi Stainless Steel</i> 304	IV-7
Tabel 3. 6 Variabel faktor	IV-7
Tabel 3. 7 hasil data nilai kekasaran	IV-8
Tabel 3. 8 Hasil data <i>Material Removal Rate</i>	IV-9
Tabel 3. 9 Rancangan percobaan dengan <i>Box-Behnken Design</i>	IV-11
Tabel 4. 1 data hasil <i>material removal rate</i> replikasi 1	V-2
Tabel 4. 2 data hasil <i>material removal rate</i> replikasi 2.....	V-3
Tabel 4. 3 data hasil <i>material removal rate</i> replikasi 3.....	V-3
Tabel 4. 4 data hasil rata rata <i>material removal rate</i>	V-4
Tabel 4. 5 data hasil analisa <i>response surface methodology material removal rate</i>	V-5
Tabel 4. 6 pengambilan data hasil kekasaran replikasi 1	V-14
Tabel 4. 7 Pengambilan data hasil kekasaran replikasi 2.....	V-14
Tabel 4. 8 Pengambilan data hasil kekasaran replikasi 3.....	V-15
Tabel 4. 9 Pengambilan data hasil kekasaran keseluruhan	V-16
Tabel 4. 10 data hasil analisis <i>response surface methodology</i> kekasaran permukaan	V-17

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
Gambar 2. 1 Profil Permukaan.....	I-5
Gambar 2. 3 <i>Box-Behken</i> untuk tiga faktor	III-8
Gambar 2. 4 <i>Create Response Surface Design</i>	III-8
Gambar 2. 5 <i>Display Available Design</i>	III-8
Gambar 2. 6 <i>Create Response Surface Design : Design</i>	III-9
Gambar 2. 7 <i>Create Response Surface Design : Factors</i>	III-9
Gambar 2. 8 <i>Box-Behnken Design</i>	III-10
Gambar 3. 1 <i>CNC Milling Mori Seiki MV - 40m</i>	IV-3
Gambar 3. 2 <i>Surface roughness tester Mitutoyo SJ-210</i>	IV-3
Gambar 3. 3 Timbangan digital	IV-4
Gambar 3. 4 V-Block	IV-5
Gambar 3. 5 <i>Dial Indicator</i> dan <i>holder Dial</i>	IV-5
Gambar 3. 7 <i>Insert Carbide Milling APMT 1135</i>	IV-6
Gambar 3. 8 Pengambilan data hasil kekasaran.....	IV-9
Gambar 3. 9 Proses Penimbangan Benda Kerja.....	IV-10
Gambar 4. 1 Data hasil <i>material removal rate</i> menggunakan <i>software</i>	V-5
Gambar 4.2 plot distribusi normal residual mode regresi linear sederhana <i>material removal rate</i>	V-8
Gambar 4. 3 Plot residual dengan taksiran model.....	V-9
Gambar 4. 4 Plot residual dengan <i>versus order</i>	V-10
Gambar 4. 5 grafik <i>Contour plot of MRR</i> vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan	V-10
Gambar 4. 6 grafik <i>surface plot of MRR</i> vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan	V-11
Gambar 4.7 grafik <i>contour plot of MRR</i> vs putaran spindel dan kecepatan pemakanan	V-11
Gambar 4.8 grafik <i>surface plot of MRR</i> vs putaran spindel dan kecepatan pemakanan	V-12
Gambar 4.9 grafik <i>contour plot of MRR</i> vs putaran spindel dan kedalaman pemakanan	V-12
Gambar 4.10 grafik <i>surface plot of MRR</i> vs putaran spindel dan kedalaman pemakanan	V-13
Gambar 4. 11 data nilai kekasaran menggunakan software minitab 16.....	V-17

Gambar 4. 12 plot distribusi normal residual mode regresi linear sederhana...	V-20
Gambar 4. 13 plot residual dengan taksiran model.....	V-21
Gambar 4. 14 plot residual dengan order model.....	V-21
Gambar.4.15 grafik <i>Contour plot of</i> kekasaran permukaan vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan.....	V-22
Gambar 4.16 grafik <i>surface plot of</i> kekasaran permukaan vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan.....	V-22
Gambar 4. 17 grafik <i>Contour plot of</i> kekasaran permukaan vs kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan	V-23
Gambar 4. 18 grafik <i>surface plot of</i> kekasaran permukaan vs kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan	V-23
Gambar 4. 19 grafik <i>contour plot of</i> kekasaran permukaan vs kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan	V-24
Gambar 4. 20 grafik <i>surface plot of</i> kekasaran permukaan vs kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan	V-24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 Sertifikat Stainless Steel 304

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi komputer sekarang sudah mengalami kemajuan yang pesat. Karena komputer telah diaplikasikan ke alat – alat mesin perkakas seperti mesin bubut dan mesin *milling*. Hasil antara teknologi komputer dan mekanik ini dinamakan CNC (*Computer Numerical Controlled*). Sistem operasional CNC menggunakan program yang langsung dikontrol dengan komputer

Berkaitan dengan proses permesinan CNC tersebut, jenis mesin CNC yang paling banyak digunakan adalah CNC *milling*. Mesin CNC *milling* mempunyai meja mesin yang bergerak (Sumbu X dan Y) dan spindel yang diatur oleh suatu program. Programnya berdasarkan kode perintah yang dijalankan oleh mesin CNC. Program dapat dibuat langsung di mesin CNC, yang hasil programnya adalah program NC, atau bisa dibuat dengan *software* komputer khusus membuat program NC. Arti NC yaitu singkatan dari *Numeric control*

Material Removal Rate (MRR) adalah jumlah material benda kerja yang dikeluarkan dari benda kerja per satuan waktu. Tingkat pemindahan material dapat dihitung dari volume pemindahan material atau dari perbedaan berat sebelum dan sesudah permesinan. MRR sangat berpengaruh pada parameter permesinan (Muhammad P Jahan, Mustafizur Sazedur Rahman dan Yokesan Wong 2014)

Istilah kekasaran permukaan dikenal secara luas di industri dan biasanya digunakan untuk mengukur kekasaran pada permukaan benda. Tekstur permukaan adalah pola permukaan yang menyimpang pada permukaan nominal. Penyimpangan bisa acak maupun berulang yang disebabkan oleh kekasaran, *waviness*, *lay* dan *flaws*. Kekasaran terdiri oleh ketidakteraturannya tekstur permukaan, yang biasanya meliputi ketidakteraturan yang disebabkan oleh perlakuan pada saat proses permesinan. Pada saat proses permesinan harus

menghasilkan hasil kekasaran tertentu dengan tingkat kekasaran suatu benda semakin kecil semakin baik (Zainuddin 2019)

Dalam penelitian ini baja yang digunakan penulis adalah baja *Stainless Steel*. *Stainless steel 304* adalah baja tahan karat dan sangat banyak digunakan. Komposisi kimia, kekuatan mekanik, kemampuan las dan ketahanan korosinya sangat baik dengan harga yang tidak terlalu mahal. *Stainless steel* tipe 304 ini banyak digunakan dalam dunia industri maupun yang lain dan variabel respon yang digunakan oleh penulis adalah kecepatan spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan, sedangkan proses pemesinan yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses mesin CNC *milling* dengan menggunakan mata potong *Insert Carbide Milling* diameter 12 yang mempunyai 1 flute

Berdasarkan latar belakang, penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “**Pengaruh Variasi Parameter Terhadap *Material Removal Rate* dan Kekasaran Permukaan *Stainless Steel 304* Pada Proses CNC Milling**”. Pada penelitian ini penulis memvariasikan besaran dari variabel untuk proses milling, dalam hal ini diambil tiga jenis parameter untuk divariasikan dalam percobaan, yaitu kecepatan spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman Pemakanan

1.2. Rumusan Masalah

Perumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah ditulis adalah :

1. Berapa besar kontribusi parameter proses permesinan terhadap banyaknya *material removal rate* yang dihasilkan dan berapakah nilai kekasarannya pada *Stainless steel* proses CNC *milling*
2. Bagaimana pengaturan parameter tersebut agar *Cutter* tidak patah saat melakukan proses *milling* terhadap respon *material removal rate stainless steel 304*

1.3. Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui besar kontribusi variasi parameter permesinan terhadap banyaknya *material removal rate* yang dihasilkan dan mengetahui nilai kekarasannya pada *Stainless Steel 304* pada proses *CNC milling*
2. Untuk mengetahui kombinasi parameter yang tepat agar *cutter* tidak patah saat melakukan proses *milling* terhadap respon *Material Removal Rate* material *Stainless Steel 304*

BAB II

DASAR TEORI

2.1. *Computer Numerical Control (CNC)*

Lahirnya mesin CNC berasal pada tahun 1952 lalu dimajukan oleh John Pearseon dari Institut Teknologi *Massachusetts*, atas nama Angkatan Udara Amerika Serikat. Proyek itu digunakan guna membentuk benda kerja spesial yang rumit. Awalnya mesin CNC memerlukan biaya yang terbilang besar serta unit pengendali yang besar. Saat tahun 1973, mesin CNC terlalu mahal, cuma sedikit industri yang memiliki keberanian untuk menginvestasi teknologi itu. Saat tahun 1975, mesin CNC mulai tumbuh pesat. pertumbuhan ini didorong dengan pertumbuhan mikroprosesor, sehingga unit pengendali lebih kecil.

2.2. *Proses Kerja Milling*

Proses *milling* dapat di klasifikasikan menjadi 3 tipe. Klasifikasi ini bersumber pada tipe mata potong, arah pemotongan, serta posisi pahat pada barang kerja.

1. *Peripheral Milling*

Proses *milling* ini dianggap juga sebagai *slab milling*, permukaan di potong oleh gigi pahat yang ditempatkan pada permukaan luar sisi mata potong. Sumbu putaran mata potong umumnya terletak di bagian yang sebaris dengan bagian atas barang kerja yang dipotong.

2. *Face Milling*

Di *Face Milling*, mata potong ditaruh di spindel yang mempunyai sumbu putar lurus pada bagian atas barang kerja. Hasil permukaan proses *milling* didapatkan dari pemotongan ujung pahat.

3. *End Milling*

Pahat di proses *End Milling* berputar di sumbu yang tegak lurus pada bagian atas barang kerja. Mata potong bisa bergerak menyudut yang menciptakan permukaan menyudut. Mata potong berada di selubung pahat serta ujung pahat

2.3. Prinsip Kerja CNC Milling

Secara awam, prinsip kerja CNC *milling* yaitu dengan membaca kode program yang telah didesain langsung oleh *programmer* dengan menggunakan cara mengetik kode langsung pada layar mesin atau membentuk program di perangkat lunak. Kemudian, program CNC yang dikenal dengan *G-Code* itu akan dimasukkan langsung oleh *programmer* untuk menggerakkan alat-alat pada mesin lalu mesin membentuk produk sesuai dengan program.

Dalam menyusun program CNC ini, terdapat dua tata cara yang dapat digunakan, yaitu metode *incremental* dan *absolute*.

1. Metode *Incremental*

Metode *incremental* merupakan pemrograman CNC yang titik awalnya akan berpindah sesuai titik terakhir. Dalam cara ini, tiap gerakan di proses permesinan barang kerja berakhir, titik akhir pahat diklaim selaku titik awal gerak *cutter* selanjutnya.

2. Metode *Absolute*

Tidak sama dengan metode *incremental*, di metode *absolute* ini titik awal yang dipergunakan menjadi titik yang akan tetap pada satu titik selama mesin dijalankan.

Prinsip kerja CNC *Milling* ialah meja dapat bergerak melintang serta memanjang, sebaliknya mata potong berputar. Untuk arah pergerakan mesin CNC ada 3 gerak, yaitu :

- Sumbu X ialah gerak memanjang
- Sumbu Y ialah gerak melintang
- Sumbu Z ialah gerak *vertical*

2.4. Parameter Pengoperasian Mesin *Milling*

Parameter bisa diatur langsung oleh operator saat mengoperasikan mesin. Variabel yang dimaksud ialah kecepatan spindel (n), Kecepatan pemakanan (f), serta kedalaman pemakanan (a). Putaran spindel bisa diatur dengan mengganti posisi *handle* pengatur putaran mesin. Gerak makan dapat diatur dengan cara mengendalikan *handle* gerak makan yang harus sinkron dengan tabel (f) pada

mesin. Gerak makan di proses *milling* terdapat dua jenis yaitu gerak makan per gigi (milimeter/gigi), serta gerak makan per putaran (milimeter/putaran). Kedalaman pemakanan bisa diatur dengan memakai cara menaikkan meja mesin, ataupun dengan cara merendahkan mata potong.

1. Putaran *Spindle*

Putaran *spindle* (n) dipengaruhi sesuai dengan kecepatan potong. Kecepatan potong dipengaruhi oleh pahat serta barang kerja. Untuk kecepatan potong yang ditentukan dari tabel 3.4.4 *insert carbide milling* adalah 50,55 dan 60m/min. Dikarenakan satuan *cutting speed* dalam m/menit, sebaliknya satuan diameter pahat/barang kerja dalam milimeter maka rumus jadi :

Penjelasan :

n : kecepatan putar spindel

vc : kecepatan potong

 : nilai konstanta (3,14)

d : diameter pahat

2. Kedalaman Pemakanan

Kedalaman potong (a) dipengaruhi oleh selisih tebal barang kerja awal dan tebal barang kerja akhir. Buat kedalaman potong yang tinggi dibutuhkan perhitungan yang diperlukan selama proses pemotongan. Jika energi potong yang dibutuhkan lebih rendah dari energi yang disiapkan oleh mesin (paling utama motor listrik), maka kedalaman potong yang ditetapkan dapat digunakan

3. Kecepatan Pemakanan

Pada awalnya mesin *milling* diletakkan tabel kecepatan pemakanan atau *feeding* pada satuan milimeter/menit. Semakin kecil kecepatan pemakanan, maka kekasaran semakin kecil. Tabel pada mesin berlaku bila mesin dijalankan dengan cara otomatis. Dan untuk kecepatan pemakanan yang ditentukan dari tabel 3.4.4 *insert carbide milling* adalah 0.07,0.08 dan 0.09mm. Besarnya kecepatan pemakanan (F) pada mesin *milling* ditetapkan

dengan seberapa besarnya pergeseran mata potong (f) dalam satuan mm dikali dengan rpm (n). maka rumus kecepatan pemakanan adalah :

Penjelasan :

F : Kecepatan pemakanan

f : Besar pemakanan

n : Putaran mesin (Rpm)

2.5. *Stainless Steel*

Stainless steel yang digunakan dalam rancangan ini adalah baja yang memiliki minimum 10,5% Cr. Krom adalah bahan paduan yang sangat berarti buat memperoleh besi yang sangat baik, diantaranya dengan menambah sebagian zat *molibdenum* (Mo) yang digunakan untuk membenarkan ketahanan korosi *pitting* serta korosi celah. Penambahan unsur karbon rendah serta unsur penguatan karbida (titanium/niobium) digunakan buat membatasi *corrosion* material yang mengalami sensitasi. Meskipun semua kategori *Sainless Steel* didasarkan di kandungan krom (Cr), tetapi unsur paduan yang lain dimasukkan untuk memperbagus sifat *Stainless Steel* cocok dengan penerapan-nya. Jenis *Stainless Steel* tidak sama dengan baja lain yang ditetapkan pada persentase karbon, namun ditetapkan pada metalurginya. *Stainless steel* yang digunakan oleh penulis bersifat *austenitic*.

1. *Austenitic Stainless Steel*

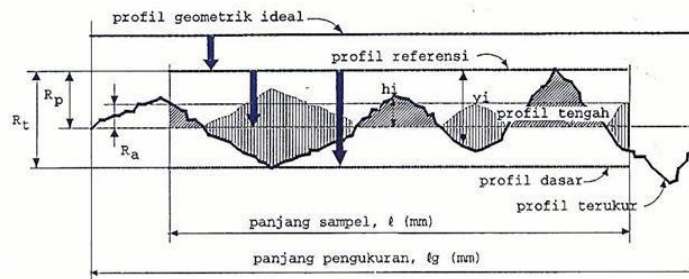
Baja paduan *Stainless steel* 304 adalah baja tahan karat *austenitic* yang mempunyai komposisi berupa 0.042% C, 1.19% Mn, 0.034% P, 0.006% S, 0.049% Si, 18.24% Cr, 8.15% Ni serta sisanya Fe. sebagian sifat mekanik baja karbon jenis 304 ini yaitu : kekuatan tarik 646 Mpa, *yield strength* 270 Mpa, *elongation* 50%, serta kekasarannya 82 HR_b

Stainless steel jenis 304 ini penuh digunakan di dunia industri ataupun skala kecil. Penggunaanya antara lain buat : tangki serta kontainer buat beberapa macam cairan serta padatan, perlengkapan pertambangan, kimia, makanan, serta industri farmasi (Sumarji 2011)

2.6. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan ketidakteraturannya wujud serta kekeliruan permukaan. Penyebabnya ada sebagian jenis, antara lain yakni ; mekanisme variabel response, geometri serta ukuran mata potong, serta kehancuran pada barang kerja. Kualitas suatu produk yang dibuat akan berpengaruh pada kekasaran permukaan barang kerja. Kekasaran permukaan bisa diakui dengan mengibaratkan jarak antara puncak paling tinggi serta bagian terdalam jadi dimensi dari kekasaran permukaan. Bisa pula diibaratkan dengan jarak rata – rata dari profil ke garis tengah.

Untuk mendapatkan hasil profil permukaan, diharuskan sensor perlengkapan ukur wajib bergerak mengikuti zona yang berbentuk garis lurus sesuai jarak yang ditetapkan. Disaat selepas jarum bergerak, perlengkapan ukur mengerjakan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi jarum sensor.



Gambar 2. 1 Profil Permukaan

(Endang Pudji Purwanti and Ferihan Pilarian 2013)

Harga kekasaran rata – rata (R_a) optimal yang diperbolehkan ditulis diatas tanda segitiga. Satuan yang dipakai wajib sama dengan satuan panjang yang ditetapkan dalam gambar teknik. Bila angka kekasaran R_a *minimum* diperlukan, dapat dituliskan dibawah angka kekasaran *maximum*. Angka kekasaran dapat dikategorikan jadi 12 angka kelas kekasaran sebagaimana pada tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Standar simbol nilai kekasaran menurut (*ISO*)

Harga Kekasaran, Ra (μm)	Angka Kekasaran	Panjang Sampel
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

Angka kekasaran (*ISO number*) diartikan untuk mengelakkan terbentuknya kesalahan atas satuan harga kekasaran. Jadi rincian kekasaran bisa langsung dituliskan nilainya atau menuliskan angka kekasaran *ISO*. Panjang sampel pengukuran disejajarkan dengan angka kekasaran yang dipunyai suatu permukaan. Bila panjang sampel tidak dimasukkan kedalam penyusunan simbol berarti panjang sampel 0,8 milimeter (bila dilihat dari proses permesinannya halus sampai sedang) dan 2,5 milimeter (bila dilihat dari proses pemesinannya kasar). Penerimaan harga kekasaran rata-rata, Ra dari permukaan terpaut pada proses pengerjaannya. Cara mudah untuk menghasilkan Ra yang rendah ialah dengan mencari parameter pemesinan yang berpengaruh pada nilai optimal (Handoko, S.T., M.T dan Ir. Mudjijana, M.Eng. 2012)

2.7. *Material Removal Rate*

Material Removal Rate (MRR) atau bisa dibidang sebagai laju pembuangan material ialah jumlah material yang dikeluarkan dari benda kerja per satuan waktu. Tingkat pembuangan material dapat dihitung dari volume pembuangan material atau bisa juga dari perbedaan jumlah berat sebelum dan sesudah melakukan proses permesinan. MRR sangat tergantung pada parameter proses. Semakin cepat kecepatan pemakanan dalam proses CNC *milling* maka semakin

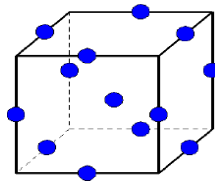
banyak *material removal rate* yang terbuang. Besarnya MRR terjadi di barang kerja berbanding lurus dengan tingginya *feed rate* (Purna Septiaji 2016)

2.8. *Respons surface methodologi*

Metode *respons surface* adalah sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berfungsi untuk mencari analisa masalah beberapa variabel faktor mempengaruhi variabel respon yang bertujuan untuk mengoptimalkan respon (Faulina, Andari dan Anggraeni 2011)

Terdapat sebagian perihal yang wajib dilihat kala melaksanakan analisa *respons surface*. Hal pertama merupakan bentuk persamaannya apakah fungsi berorde satu atau fungsi berorde dua. Untuk fungsi yang berorde, taksiran penelitiannya cukup dengan melakukan 2^k faktor dimana masing-masing perlakuan mempunyai dua level perlakuan. Apabila disamakan dengan rancangan *respons surface* yang berorde dua, maka rancangan *respons surface* berorde satu lebih minimum membutuhkan unit percobaan, yaitu sebanyak 2^k unit penelitian dimana k mengatakan besarnya faktor perlakuan. Untuk *respons surface* yang berorde dua, rancangan penelitiannya dapat ditentukan dengan *central composite design* (CCD) dan *Box-behken design* (BBD) yang mengutamakan jumlah unit penelitian lebih banyak dibandingkan rancangan 2^k faktorial (*respons surface* berorde satu). Dalam penelitian ini menggunakan *Box-behken design* (Endang Pudji Purwanti dan Ferihan Pilarian 2013)

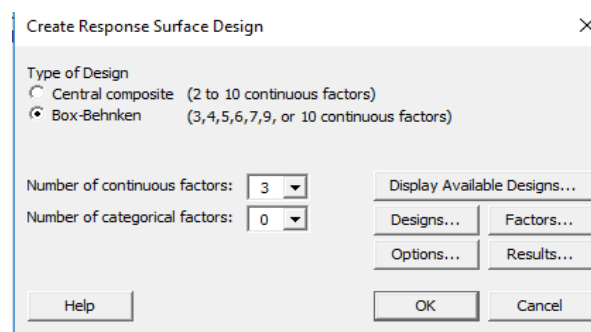
Salah satu variasi *box-behken design* dengan *central composite design* adalah di *box-behken design* tidak mempunyai *axial / star runs* pada rancangannya. Tidak ada *axial / star runs* ini mengakibatkan *box-behken* lebih mudah dalam rancangan. Karena membawa lebih sedikit unit percobaan. pada dasarnya *box-behken* diwujudkan berdasarkan gabungan rancangan 2^k dengan *incomplete black design* dengan menambahkan *center run* pada rancangannya. (Endang Pudji Purwanti dan Ferihan Pilarian 2013)



Gambar 2. 2 *Box-Behken* untuk tiga faktor
(Endang Pudji Purwanti dan Ferihan Pilarian 2013)

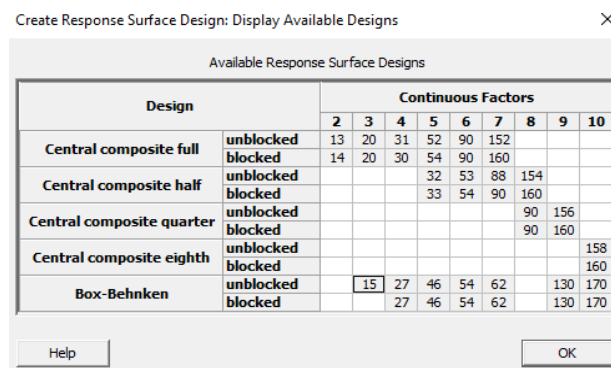
Box – behken design adalah perencanaan desain yang dipilih untuk desain penelitian cuma bisa digunakan pada penelitian yang mempunyai minimal 3 faktor, untuk menggunakan pengolahan data dan analisa pada *Box – behken* memakai *software Minitab 16*. Langkah – langkahnya adalah :

1. Pilih stat > DOE > *respon surface* > *create response surface design*
2. Dibawah *type of design*, pilih *Box – Behnken* (3,4,5,6,7,8,9 to 10 *Continuous factors*)
3. Dalam *number of continuous factors*, pilih 3 melalui simbol ▼



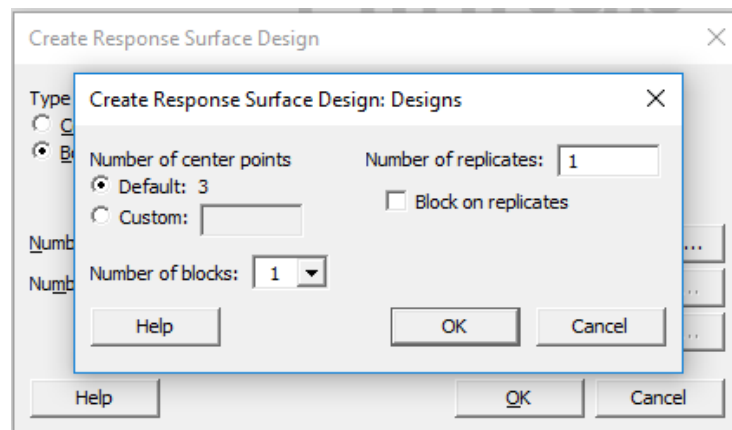
Gambar 2. 3 *Create Response Surface Design*

4. Pilih *display available design*



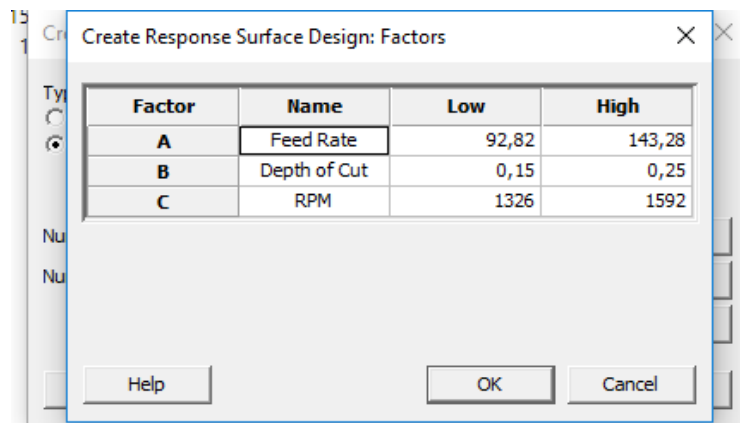
Gambar 2. 4 *Display Available Design*

5. Dalam daftar tabel, pada baris *box-behnken*, pilih *unblocked* dan kolom *factors* 3. Garis temu antara baris dan kolom yaitu 15. Artinya ada 15 penelitian pada *box-behnken* dengan 3 faktor
6. Kemudian, klik tombol OK. Layar akan kembali kotak dialog *create response surface design*
7. Pada kotak dialog, klik design



Gambar 2. 5 *Create Response Surface Design : Design*

8. Kemudian, klik OK
9. Pada kotak dialog create respon surface design, pilih factors



Gambar 2. 6 *Create Response Surface Design : Factors*

10. Lalu klik ok dan box-behnen design akan keluar

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Feed Rate	Depth of Cut	RPM
1	1	1	2	1	92,82	0,15	1459
2	2	2	2	1	143,28	0,15	1459
3	3	3	2	1	92,82	0,25	1459
4	4	4	2	1	143,28	0,25	1459
5	5	5	2	1	92,82	0,20	1326
6	6	6	2	1	143,28	0,20	1326
7	7	7	2	1	92,82	0,20	1592
8	8	8	2	1	143,28	0,20	1592
9	9	9	2	1	118,05	0,15	1326
10	10	10	2	1	118,05	0,25	1326
11	11	11	2	1	118,05	0,15	1592
12	12	12	2	1	118,05	0,25	1592
13	13	13	0	1	118,05	0,20	1459
14	14	14	0	1	118,05	0,20	1459
15	15	15	0	1	118,05	0,20	1459

Gambar 2. 7 Box-Behnken Design

Model orde dua ialah model yang paling banyak diambil pada metode permukaan respon. Beberapa alasan model orde dua lebih sering diambil dalam metode permukaan respon adalah (Fitria 2015) :

1. Model orde dua sangat variabel. Model itu bisa berganti ke dalam bentuk fungsi yang cocok dengan kebutuhan.
2. Parameter pada model orde dua mudah dipertimbangkan.
3. Model orde dua lebih efektif dalam mencari permasalahan pada permukaan respon.

ANOVA (*Analysis Of Variant*)

ANOVA ditetapkan untuk mencari maksimal pengaruh dari tiap parameter akan suatu proses. Maksimal efek itu bisa ditemukan dengan membedakan nilai jumlah kuadrat dari suatu parameter terhadap seluruh parameter.

4. Distribusi

F_{tabel} dihitung dengan melihat nilai α , F_{tabel} didapatkan dengan rumus dibawah ini :

Keterangan :

k : jumlah variabel bebas

n : jumlah penelitian

Penelitian ini menggunakan f tabel sebesar 3,81

2.9. Penentuan Variabel

1. Variabel bebas

Variabel Faktor ialah variabel yang menimbulkan terbentuknya pergantian terhadap banyaknya variabel proses yang ditetapkan pada proses permesinan CNC *Milling*. Namun dalam penelitian ini ditetapkan tiga faktor yang memberikan pengaruh yang penting terhadap kekasaran permukaan dan *material removal rate*. Faktor – faktor tersebut yaitu (kecepatan pemakanan, kecepatan spindle, dan kedalaman pemakanan)

2. Variabel Respon (Variabel Tak Bebas)

Variabel respon adalah hasil yang dilihat dan diukur oleh peneliti dalam suatu penelitian, untuk menetapkan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas. Pada penelitian ini variabel respon yang dipilih adalah nilai kekasaran permukaan pada baja *stainless steel 304*

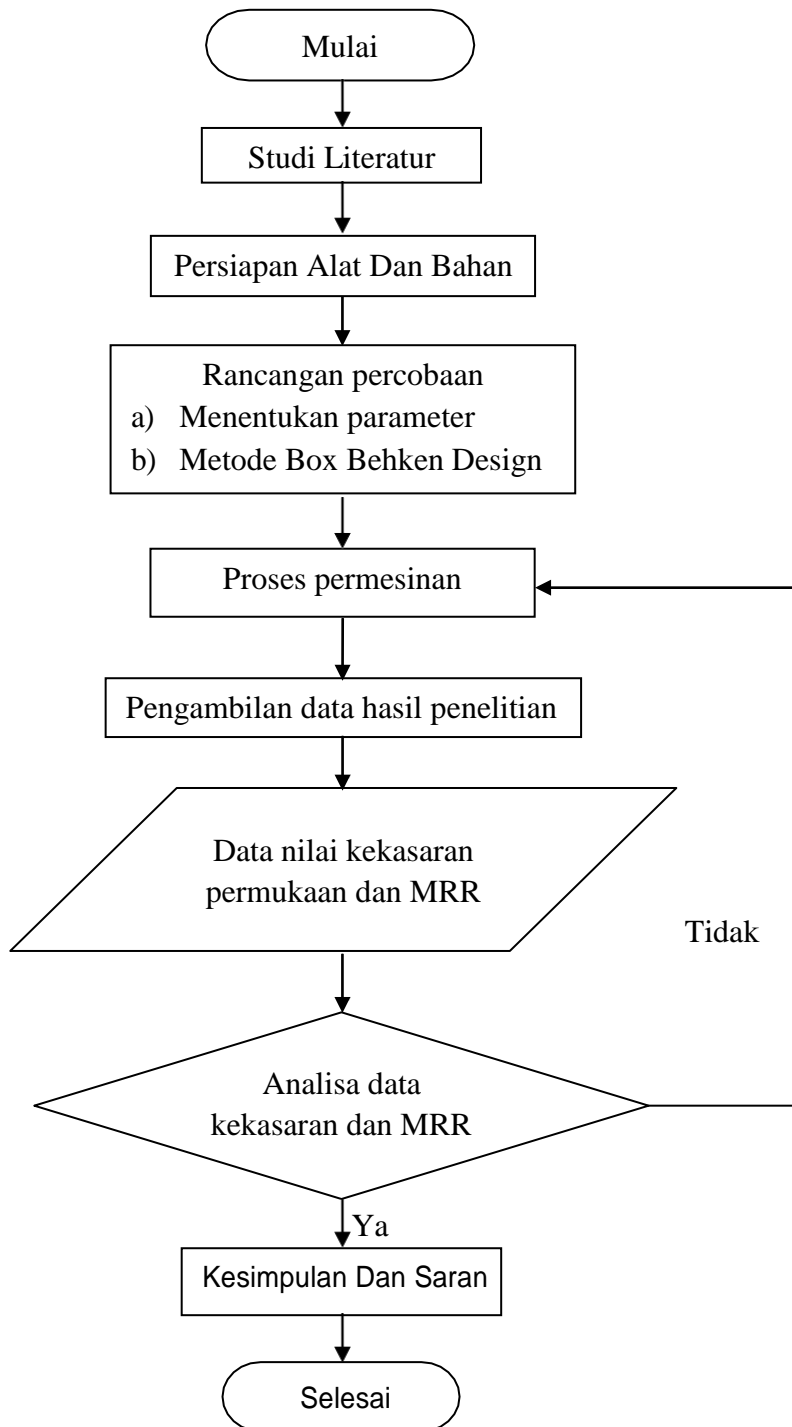
2.10. Hipotesa

Hipotesa pada penelitian ini adalah :

1. Semakin kecil kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan maka semakin kecil pula kekasaran permukaan benda kerja. Semakin tinggi kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan maka semakin tinggi pula kekerasan permukaan benda kerjanya
2. Semakin sediki pemakanan pada benda kerja maka semakin sedikit MRR untuk ditimbang. Semakin dalam pemakanan pada benda kerja maka semakin berat MRR untuk ditimbang

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Studi Literatur

Studi literatur bermaksud untuk mengumpulkan informasi yang diberikan dengan permasalahan yang diteliti berupa penelitian terdahulu, buku, jurnal dan dari internet yang terhubung dengan permasalahan yang diteliti. Tujuan dari studi literatur ini yaitu untuk mendapatkan materi dan konsep yang bisa dibuat sebagai landasan berpikir saat menjelaskan permasalahan

3.3 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

3.4 Persiapan alat dan bahan

Untuk alat alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

3.4.1. Mesin CNC *milling*

Mesin CNC *Milling* yang dipakai pada penelitian ini adalah CNC *Milling* Mori Seiki MV-40M. Dengan spesifikasi mesin sebagai berikut

Tabel 3. 1 spesifikasi mesin CNC Milling Mori Seiki MV- 40m

<i>Machine model</i>	MV-40M	
<i>Travel</i>	X-axis mm (in.) (<i>Longitudinal movement of table</i>)	560 (22.05)
	Y-axis (<i>cross movement of saddle</i>) mm (in.)	410 (16.14)
	Z-axis mm (in.) (<i>vertical movement of spindle head</i>)	460 (18.11)
<i>Table</i>	<i>Working surface</i> mm (in.)	900 x 450 (35.43 x 17.72)
	<i>Table surface configuration</i> mm (in.)	18 (0.71), 4 <i>T-slots</i>
	<i>Table loading capacity</i> kg (lb.)	300 (660)
	<i>Distance from table surface</i> mm (in.) <i>to spindle gage plane</i>	150-610 (5.91-24.02)
	<i>Distance from column front surface</i> mm (in.) <i>To spindle center</i>	680 (26.77)
<i>Spindle</i>	<i>Maximum spindle speed</i> mm ¹	8000 (10000, 12000)
	<i>Type of spindle taper hole</i>	7/24 <i>taper</i> , No. 40
	<i>Spindle bearing inner diameter</i> mm	65 (2.56)

	(in.)	
	<i>Rapid traverse rate</i> mm/min (ipm)	X,Y:20000 (787,40) Z:12000 (472,44)
<i>Feedrate</i>	<i>Feedrate</i> mm/min (ipm)	X, Y, Z: 1-5000 (0.01-196.85)
	<i>Jog feedrate</i> mm/min (ipm)	0-1260 (0-50) 15 steps



Gambar 3. 1 CNC Milling Mori Seiki MV - 40m

3.4.2. Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210

Alat uji kekasaran atau *surface roughness tester* digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja yang diperoleh dari proses permesinan. *Surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 ditunjukkan pada gambar 3.4.a. sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Surface roughness tester Mitutoyo SJ-210

Spesifikasi *Surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 dapat dilihat pada tabel 3.4.1. dibawah ini :

Tabel 3. 2 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</i> (x-axis)	12.5 mm
<i>Mass</i>	190 g
<i>Standar pole</i>	<i>Code No.</i> 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 parameters</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

3.4.3. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat material benda kerja yang terbuang saat sesudah melakukan proses *CNC milling*. Timbangan digital ditunjukkan pada gambar 3.4.3



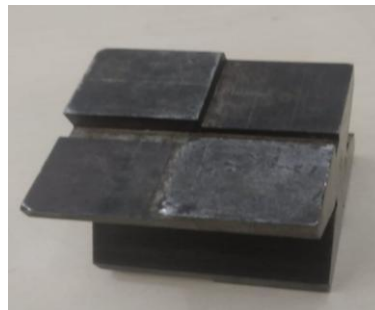
Gambar 3. 3 Timbangan digital

Tabel 3. 3 spesifikasi timbangan digital

Kapasitas	500g x 0,01g
Ketelitian	1 gr
Power	2 x AAA Dize Alkaline Battery

3.4.4. V-Block

V-Blok digunakan untuk meletakkan benda kerja untuk diuji menggunakan *surface roughness tester*. Berikut adalah v-blok yang digunakan bisa dilihat pada gambar 3.4.4 dibawah ini :



Gambar 3. 4 V-Block

3.4.5. *Dial indicator dan holder dial*

Pada penelitian ini dial indicator digunakan untuk mengukur kerataan dan kemiringan permukaan benda kerja pada saat pengukuran dan *Holder Dial Indicator* merupakan alat bantu yang digunakan untuk meletakkan *surface roughnes tester* pada proses pengujian. Berikut adalah *dial holder* dan *holder dial* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.4.5.a dan 3.4.5.b dibawah ini



Gambar 3. 5 *Dial Indicator dan holder dial*

3.4.6. Mata Potong

Mata potong yang digunakan dalam penelitian ini adalah pahat *Insert Carbide Endmill* APMT 1135, yang mempunyai kekerasan sebesar 92HR_b, diameter 12 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3. 4 *Insert carbide milling* APMT 1135

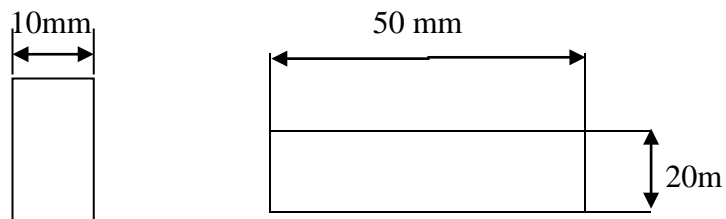
Material	Cutting conditions		
	Cutting Speed (m/min)	Depth of Cut(mm)	Feed(mm)
Steel	70-170	1.0-9.0	0.07-0.15
Stainless	50-130	0.15-9.0	0.07-0.13
Hi-Temp Alloy	25-60	1.0-4.0	0.07-0.12



Gambar 3. 6 *Insert Carbide Milling* APMT 1135

3.4.7. Material

Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bahan baja *stainless steel* 304 dengan ukuran panjang 50mm, lebar 50mm dan tebal 20mm dengan kekasaran 82HR_b



Tabel 3. 5 Spesifikasi Stainless Steel 304

No	Unsur logam	Persentase
1	Karbon	0.042%
2	Mangan	1.19%
3	Fosfor	0.034%
4	Silikon	0.049%
5	Krom	18.24%
6	Nikel	8.15%
7	Kekerasan	82HR _b

3.5. Variabel Faktor

Terdapat beberapa variabel proses atau faktor yang berpengaruh pada proses CNC *milling*. Dalam hal ini penulis menggunakan 3 variabel faktor yaitu Kecepatan pemakanana, kedalaman pemakanan dan kecepatan spindel, berikut variable yang penulis gunakan dalam penelitian ini :

Tabel 3. 6 Variabel faktor

Level	Kecepatan pemakanan (mm/menit)	Kedalaman pemakanan (mm)	Kecepatan spindel (mm/putaran)
1	92,82	0,15	1326
2	118,05	0,20	1459
3	143,28	0,25	1592

3.6. Pengambilan Data Kekasaran Permukaan

Nilai kekasaran permukaan benda kerja diukur menggunakan *surface roughness tester* Mitutoyo SJ 210 yang telah dilakukan pada proses CNC *milling*. Pada tiap variasi parameter kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan dan putaran spindel yang telah ditetapkan. Pengambilan data nilai kekasaran permukaan benda kerja dilakukan secara *horizontal* dengan pengambilan data sebanyak 3 kali pada benda kerja. Kekasaran rata – rata aritmatris (ra) bisa

dihitung berdasarkan nilai rata – rata dari nilai *absolute* jarak antara profil terukur dengan profil tengah

Tabel 3. 7 hasil data nilai kekasaran

No	Nilai kekasaran akhir			Nilai Rata – Rata kekasaran
	Ra 1	Ra 2	Ra 3	
1	Ra1.1	Ra1.2	Ra1.3	Ra AVE..1
2	Ra2.1	Ra2.2	Ra2.3	Ra AVE.2
3	Ra3.1	Ra3.2	Ra3.3	Ra AVE.3
4	Ra4.1	Ra4.2	Ra4.3	Ra AVE.4.
5	Ra5.1	Ra5.2	Ra5.3	Ra AVE.5
6	Ra6.1	Ra6.2	Ra6.3	Ra AVE.6
7	Ra7.1	Ra7.2	Ra7.3	Ra AVE.7
8	Ra8.1	Ra8.2	Ra8.3	Ra AVE.8
9	Ra9.1	Ra9.2	Ra9.3	Ra AVE.9
10	Ra10.1	Ra10.2	Ra10.3	Ra AVE.10
11	Ra11.1	Ra11.2	Ra11.3	Ra AVE.11
12	Ra12.1	Ra12.2	Ra12.3	Ra AVE.12
13	Ra13.1	Ra13.2	Ra13.3	Ra AVE.13
14	Ra14.1	Ra14.2	Ra14.3	Ra AVE.14
15	Ra15.1	R15.2	R15.3	Ra AVE.15

3.6.1. Proses pengambilan nilai kekasaran

Nilai kekasaran benda kerja diperoleh dengan cara mengukur menggunakan surface roughness tester mitutoyo SJ-210. Adapun langkah langkahnya sebagai berikut :

- Lakukan pengukuran di meja rata
- Menyiapkan peralatan pendukung lainnya dalam proses pengambilan nilai kekasaran. Berikut proses pengukuran kekasaran ditunjukkan pada gambar 3.6.1. dibawah ini :



Gambar 3. 7 Pengambilan data hasil kekasaran

3.7. Pengambilan Data *Material Removal Rate*

Material removal rate ditimbang dengan menggunakan timbangan digital yang telah dilakukan pada proses frais CNC pada variasi parameter kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan dan kecepatan spindel yang telah ditetapkan. Pengambilan data hasil material removal rate dilakukan sebanyak 3 kali pada benda kerja

Tabel 3. 8 Hasil data *Material Removal Rate*

No	Parameter permesinan			Replikasi			Rata Rata
	Kecepatan pemakanan (mm/min)	Kedalaman pemakanan (mm)	Kecepatan spindel (mm/min)	1	2	3	
1	92,82	0,15	1459	G1	G1	G1	G
2	143,28	0,15	1459	G2	G2	G2	G
3	92,82	0,25	1459	G3	G3	G3	G
4	143,28	0,25	1459	G4	G4	G4	G
5	92,82	0,20	1326	G5	G5	G5	G
6	143,28	0,20	1326	G6	G6	G6	G
7	92,82	0,20	1592	G7	G7	G7	G
8	143,28	0,20	1592	G8	G8	G8	G
9	118,05	0,15	1326	G9	G9	G9	G
10	118,05	0,25	1326	G10	G10	G10	G
11	118,05	0,15	1592	G11	G11	G11	G

12	118,05	0,25	1592	G12	G12	G12	G
13	118,05	0,20	1459	G13	G13	G13	G
14	118,05	0,20	1459	G14	G14	G14	G
15	118,05	0,20	1459	G15	G15	G15	G

3.7.1. Pengambilan Data Hasil Material Removal Rate

Nilai MRR diperoleh dengan cara menimbang hasil dari berat benda kerja selisih penimbangan sebelum dan sesudah proses pemesinan. Adapun langkah langkahnya sebagai berikut :

- Lakukan penimbangan di tempat yang rata
- Menyiapkan alat pendukung lainnya yang digunakan dalam pengambilan data. Berikut proses penimbangan benda kerja ditunjukkan pada gambar 3.7.1.



Gambar 3. 8 Proses Penimbangan Benda Kerja

3.8. Analisis Data

Metode yang diambil pada penelitian ini yaitu metode *respon surface methodology*. Tahapan yang dimulai pada analisa data adalah sebagai berikut:

1. Rancangan Box – Behken

Metode rancangan percobaan dan gabungan pada level rancangan *Box – Behken Design*. Alasan menggunakan rancangan ini dikarenakan jumlah penelitian yang ditetapkan lebih sedikit sehingga mempersingkat waktu eksperimen

Tabel 3. 9 Rancangan percobaan dengan *Box-Behnken Design*

No	Kecepatan pemakanan (mm/menit)	Kedalaman pemakanan (mm)	Kecepatan spindel (putaran/menit)
1	92,82	0,15	1459
2	143,28	0,15	1459
3	92,82	0,25	1459
4	143,28	0,25	1459
5	92,82	0,20	1326
6	143,28	0,20	1326
7	92,82	0,20	1592
8	143,28	0,20	1592
9	118,05	0,15	1326
10	118,05	0,25	1326
11	118,05	0,15	1592
12	118,05	0,25	1592
13	118,05	0,20	1459
14	118,05	0,20	1459
15	118,05	0,20	1459

2. Pembentukan Model

Pembentukan model ini yaitu pembentukan model yang menetapkan hubungan variabel proses dengan variabel respon yang diwujudkan dari nilai koefisien penduga model regresi (model percobaan orde dua).

Persamaan penduga untuk model regresi adalah sebagai berikut:

Jika $k = 3$ penduga untuk model orde kedua menjadi (Pratama, 2017)

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

Untuk memperoleh nilai koefisien, langkah awal yang dimulai adalah mengolah data eksperimen menggunakan *software* komputer sehingga

diperoleh nilai koefisien. Kemudian nilai koefisien tersebut dituangkan kedalam persamaan di atas.

3. Pengujian Model

Pengujian dijalankan dengan kesesuaian model, pengujian kesesuaian model tersebut antara lain *Uji Lack of Fit*, uji parameter serentak, dan uji koefisien determinasi (R^2). Setelah dilakukan pengujian kesesuaian model dilakukan pengujian residual untuk mencari apakah residual memenuhi asumsi *Normally and Independently Distributed* atau IIDN $(0, \alpha^2)$. Pengujian yang dilakukan terhadap residual antara lain uji identik, uji independen, dan uji distribusi normal.

4. Menentukan kondisi optimum dari model orde kedua yang sesuai.

Penentuan kondisi optimum dilakukan pendekatan fungsi *desirability* yang merupakan salah satu metode yang digunakan untuk optimasi multi respon. Metode optimasi yang cocok untuk permasalahan ini adalah : *Smaller is better* untuk kekasaran permukaan karena pada metode ini nilai minimum dari respon adalah nilai yang paling diinginkan dan *larger is better* untuk *material removal rate* karena pada metode ini nilai maksimum dari respon adalah nilai yang paling diinginkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Material Removal Rate

Pengambilan data ini diperoleh dengan *mensetting* kombinasi parameter proses pada mesin CNC Milling Moriseiki mv - 40m. Adapun parameter – parameter yang digunakan berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan yaitu kecepatan pemakanan (A) dengan level nilai 92,82 mm/menit, 118,05 mm/menit, dan 143,28 mm/menit, kedalaman pemakanan (B) dengan level nilai 0,15 mm, 0,20 mm, dan 0,25 mm dan putaran spindel (C) dengan level nilai 1326 RPM, 1459 RPM, dan 1592 RPM

Pengambilan data MRR dilakukan dengan cara perhitungan menggunakan rumus yaitu :

Untuk mencari waktu proses permesinan bisa menggunakan rumus :

– menit

$$L = \ell + \ell_a + \ell_u$$

$$F : f \cdot t \cdot n$$

Keterangan :

T_m : waktu permesinan

L : jarak tempuh

F: kecepatan pemakanan

ℓ : panjang benda kerja

ℓ_a : kelebihan awal

ℓ_u : kelebihan akhir

f : pemakanan setiap mata potong(feed)

n : RPM

t : jumlah mata sayat alat potong

Dan masing masing data dilakukan dengan tiga kali replikasi. Untuk hasil perhitungan data MRR dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 1 data hasil *material removal rate* replikasi 1

No	Parameter permesinan			Replikasi 1			
	Kecepatan pemakanan (mm/min)	Kedalaman pemakanan (mm)	Kecepatan Spindel (Putaran / min)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Selis ih (g)	waktu (min)
1	92,82	0,15	1459	80,38	79,13	1,25	0,700
2	143,28	0,15	1459	80,56	79,20	1,56	0,453
3	92,82	0,25	1459	80,73	78,44	2,29	0,700
4	143,28	0,25	1459	80,93	78,63	2,30	0,453
5	92,82	0,20	1326	80,84	79,22	1,62	0,700
6	143,28	0,20	1326	80,88	79,36	1,52	0,453
7	92,82	0,20	1592	80,83	79,48	1,35	0,700
8	143,28	0,20	1592	80,72	78,33	2,39	0,453
9	118,05	0,15	1326	80,71	79,45	1,26	0,550
10	118,05	0,25	1326	80,93	78,24	2,69	0,550
11	118,05	0,15	1592	80,85	79,66	1,19	0,550
12	118,05	0,25	1592	80,96	78,72	2,24	0,550
13	118,05	0,20	1459	80,97	78,94	2,03	0,550
14	118,05	0,20	1459	80,90	79,21	1,69	0,550
15	118,05	0,20	1459	80,88	79,67	1,21	0,550

Tabel 4. 2 data hasil *material removal rate* replikasi 2

No	Parameter permesinan			Replikasi 2			
	Kecepatan Pemakanan (mm/min)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Spindel (putaran / min)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Selis ih (g)	waktu (min)
1	92,82	0,15	1459	80,77	79,21	1,56	0,700
2	143,28	0,15	1459	80,97	79,33	1,64	0,453
3	92,82	0,25	1459	80,85	78,36	2,49	0,700
4	143,28	0,25	1459	80,93	78,57	2,36	0,453
5	92,82	0,20	1326	80,96	79,55	1,41	0,700
6	143,28	0,20	1326	80,92	79,39	1,53	0,453
7	92,82	0,20	1592	80,87	79,48	1,39	0,700
8	143,28	0,20	1592	80,95	78,85	2,10	0,453
9	118,05	0,15	1326	80,82	79,50	1,32	0,550
10	118,05	0,25	1326	80,87	78,29	2,58	0,550
11	118,05	0,15	1592	80,72	79,33	1,39	0,550
12	118,05	0,25	1592	80,81	78,42	2,39	0,550
13	118,05	0,20	1459	80,86	79,31	1,55	0,550
14	118,05	0,20	1459	80,79	79,49	1,30	0,550
15	118,05	0,20	1459	80,89	79,63	1,26	0,550

Tabel 4. 3 data hasil *material removal rate* replikasi 3

No	Parameter permesinan			Replikasi 1			
	Kecepatan Pemakanan (mm/min)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Spindel (putaran / min)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Selis ih (g)	waktu (min)
1	92,82	0,15	1459	80,75	79,27	1,48	0,700
2	143,28	0,15	1459	80,92	79,24	1,68	0,453

3	92,82	0,25	1459	80,89	78,33	2,56	0,700
4	143,28	0,25	1459	80,88	79,16	1,72	0,453
5	92,82	0,20	1326	80,99	78,86	2,13	0,700
6	143,28	0,20	1326	80,79	79,28	1,51	0,453
7	92,82	0,20	1592	80,87	78,68	2,19	0,700
8	143,28	0,20	1592	80,93	79,14	1,79	0,453
9	118,05	0,15	1326	80,78	79,51	1,27	0,550
10	118,05	0,25	1326	80,76	78,32	2,44	0,550
11	118,05	0,15	1592	80,94	79,46	1,48	0,550
12	118,05	0,25	1592	80,98	79,13	1,85	0,550
13	118,05	0,20	1459	80,88	79,24	1,64	0,550
14	118,05	0,20	1459	80,91	79,38	1,53	0,550
15	118,05	0,20	1459	80,82	79,53	1,29	0,550

Tabel 4. 4 data hasil rata rata *material removal rate*

No	Parameter permesinan			MRR Replikasi			MRR (mm ³ / min)
	Kecepatan Pemakanan (mm/min)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Spindel (putaran /min)	1	2	3	
1	92,82	0,15	1459	1,785	2,228	2,114	2,042
2	143,28	0,15	1459	3,443	3,620	3,708	3,590
3	92,82	0,25	1459	2,271	3,557	3,657	3,161
4	143,28	0,25	1459	5,077	5,209	3,796	4,694
5	92,82	0,20	1326	2,314	2,014	3,042	2,456
6	143,28	0,20	1326	3,355	3,377	3,333	3,355
7	92,82	0,20	1592	1,928	1,985	3,128	2,347
8	143,28	0,20	1592	5,275	4,635	3,951	4,620
9	118,05	0,15	1326	2,290	2,400	2,309	2,333
10	118,05	0,25	1326	4,890	4,690	4,436	4,672

11	118,05	0,15	1592	2,163	2,527	2,690	2,460
12	118,05	0,25	1592	4,072	4,345	3,363	3,926
13	118,05	0,20	1459	3,690	2,818	2,981	3,163
14	118,05	0,20	1459	3,072	2,363	2,781	2,738
15	118,05	0,20	1459	2,200	2,290	2,345	2,278

4.2. Proses Software Analisis Material Removal Rate

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Kecepatan pemakanan	Kedalaman pemakanan	RPM	MRR	RESII
1	1	2	1	92,82	0,15	1459	2,042	0,209125
2	2	2	1	143,28	0,15	1459	3,590	0,186375
3	3	2	1	92,82	0,25	1459	3,161	-0,186375
4	4	2	1	143,28	0,25	1459	4,694	-0,209125
5	5	2	1	92,82	0,20	1326	2,456	-0,233250
6	6	2	1	143,28	0,20	1326	3,355	-0,210500
7	7	2	1	92,82	0,20	1592	2,347	0,210500
8	8	2	1	143,28	0,20	1592	4,620	0,233250
9	9	2	1	118,05	0,15	1326	2,333	0,024125
10	10	2	1	118,05	0,25	1326	4,672	0,419625
11	11	2	1	118,05	0,15	1592	2,460	-0,419625
12	12	2	1	118,05	0,25	1592	3,926	-0,024125
13	13	0	1	118,05	0,20	1459	3,163	0,436667
14	14	0	1	118,05	0,20	1459	2,738	0,011667
15	15	0	1	118,05	0,20	1459	2,278	-0,448333

Gambar 4. 1 Data hasil *material removal rate* menggunakan *software* minitab 16

Dari data diatas didapatkan hasil menggunakan metode response surface dan tabel anova. Berikut ini adalah hasil dari tabel 4.2.

Tabel 4. 5 data hasil analisa *response surface methodology material removal rate*

Coded Coefficien					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	2,726	0,271	10,07	0,000	
Kecepatan Pemakanan	0,782	0,166	4,71	0,005	1,00
Kedalaman Pemakanan	0,754	0,166	4,54	0,006	1,00
Kecepatan Spindel	0,067	0,166	0,40	0,702	1,00
Kecepatan Spindel*Kecepatan pemakanan	0,246	0,244	1,01	0,360	1,01
Kedalaman pemakanan* kedalaman pemakanan	0,399	0,244	1,64	0,163	1,01
Kecepatan spindel * kecepatan spindel	0,222	0,244	0,91	0,405	1,01
Kecepatan pemakanan*kedalaman	-0,004	0,234	-0,02	0,988	1,00

pemakanan					
Kecepatan Pemakanan*kecepatan spindel	0,344	0,234	1,47	0,203	1,00
Kedalaman pemakanan*kecepatan spindel	-0,218	0,234	-0,93	0,395	1,00

Model Summary

S	Rsq	Rsq(adj)	Rsq(Pred)
0,468939	90,92%	74,57%	0,00%

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	11,0049	1,22277	5,56	0,037
Linear	3	9,4656	3,15522	14,35	0,007
Kecepatan pemakanan	1	4,8875	4,88750	22,23	0,005
Kedalaman pemakanan	1	4,5421	4,54210	20,65	0,006
Kecepatan spindel	1	0,0360	0,03605	0,16	0,702
Square	3	0,8767	0,29223	1,33	0,363
Kecepatan pemakanan*kecepatan pemakanan	1	0,2236	0,22360	1,02	0,360
Kedalaman pemakanan*kedalaman pemakanan	1	0,5888	0,58880	2,68	0,163
Kecepatan spindel*kecepatan spindel	1	0,1821	0,18211	0,83	0,405
2-Way Interaction	3	0,6626	0,22085	1,00	0,463
Kecepatan pemakanan*kedalaman pemakanan	1	0,0001	0,00006	0,00	0,988
Kecepatan pemakanan*kecepatan spindel	1	0,4720	0,47197	2,15	0,203
Kedalaman pemakanan*kecepatan spindel	1	0,1905	0,19053	0,87	0,395
Error	5	1,0995	0,21990		
Lack-of-Fit	3	0,7077	0,23590	1,20	0,484
Pure Error	2	0,3918	0,19591		
Total	14	12,1044			

(sumber software analisis)

4.3. Anova Material Removal Rate

- Hipotesis :

H_0 : tidak ada pengaruh dari ketiga variabel faktor

H_1 : terdapat pengaruh dari ketiga variabel faktor

- Kriteria uji :
Tolak H_0 : jika $F_{hitung} > F_{tabel}$
Terima H_1 : jika $F_{hitung} < F_{tabel}$
- α : 0.05(5%)
- Statistik uji :
 F_{hitung} : 5,56 (dari hasil software minitab diatas)
 F_{tabel} : 3,81 (dari tabel distribusi F α 0,05)
Kesimpulan :
Karena F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka bisa disimpulkan bahwa cukupnya bukti untuk menolak H_0 , yang artinya terdapat pengaruh dari ketiga variabel faktor

4.4. Uji Lack Of Fit Material Removal Rate

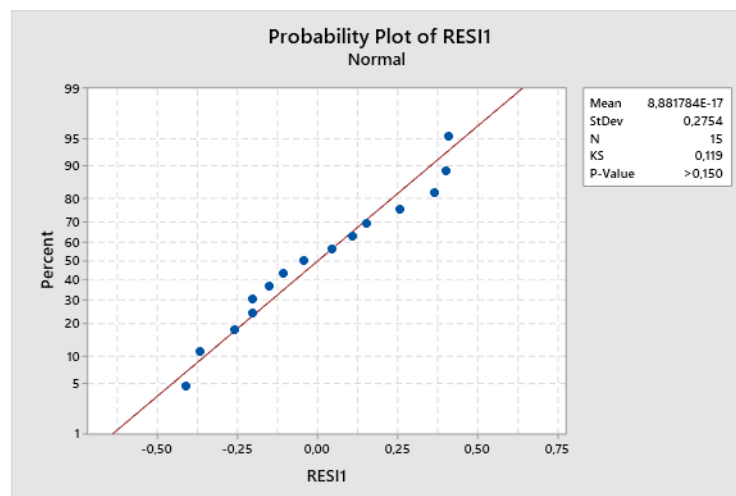
- Hipotesis
 H_0 : tidak mempunyai *lack of fit*
 H_1 : mempunyai *lack of fit*
- Daerah penolakan
Hipotesis awal (H_0) akan ditolak apabila p – value kurang dari α . Sebaliknya, hipotesis awal akan gagal ditolak apabila p – value melebihi α
- α : 0.05
- Interpretasi hasil uji *Lack Of Fit* Pada Analisis *Response Surface*
Pada gambar 4.2.1 tabel ANOVA menunjukkan p – value hasil uji *lack of fit* bernilai 0,484. Apabila α sebesar 5%, maka diputuskan dapat berupa gagal menolak hipotesis awal yang mengatakan tidak ada *lack of fit*, artinya model yang telah dibuat sesuai dengan data

Tabel *coded coefficient for respon* menunjukkan hasil parameter pada gambar 4.3. selain parameter, tabel juga memberikan hasil uji parameter dengan memakai statistik t yang diubah kedalam p – value. Berdasarkan hasil analisis, modelnya adalah

$$Y = 2,726 + 0,782 + 0,754 + 0,067 + 0,246 + 0,399 + 0,222 - 0,004 + 0,344 - 0,218$$

Untuk memeriksa cukupnya model, kita tidak akan melihat lack of fit saja, namun harus pula melakukan analisis residual. Ada 3 macam yang wajib dilakukan saat melakukan analisis residual, yaitu mengecek kenormalan residual, membuat plot residual dengan hasil data respons, dan membuat plot residual dengan order

4.5. Uji Kenormalan Residual Material Removal Rate



Gambar 4. 2 plot distribusi normal residual mode regresi linear sederhana *material removal rate* (sumber : software analisis)

- Hipotesis
 - H_0 : residual berdistribusi normal
 - H_1 : residual tidak berdistribusi normal
- Daerah penolakan
 - Daerah penolakan $KS > KS_{1-\alpha}$ pada sejumlah pengamatan (n) tertentu.
 - Apabila statistik Kolmogorov – Smirnov dikonversikan ke dalam p – value, maka daerah penolakannya adalah $p - value < \alpha$
- Analisa
 - Pada uji kolmogorov – smirnov, kita akan menggunakan α sebesar 0.05.
 - dari sini, kita dapat mengetahui nilai statistik kolmogorov – smirnov pada tabel kuantil uji statistik kolmogorov – smirnov. Berdasarkan tabel kuantil uji, statistik kolmogorov - smirnov untuk $\alpha = 0.05$ dan jumlah pengamatan

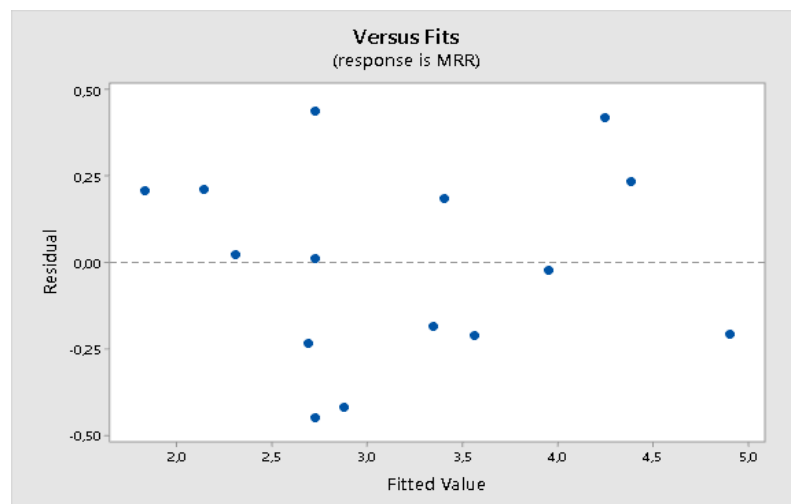
sebanyak 15 pengamatan adalah 0.338 (uji 2 arah). Nilai ini akan dibuat patokan untuk mengambil kesimpulan berdasarkan uji kenormalan data yang telah dilakukan.

Pada gambar 4.5. menunjukkan pula hasil statistik kolmogorov – smirnov dan p – value pada uji distribusi normal. Nilai statistik kolmogorov – smirnov adalah 0,147 dan p – value uji normal residual grafik melewati 0,05 yakni 0,150. Sehingga ditarik kesimpulan gagal tolak H_0 yang berarti residual model regresi linear yang dilakukan sudah mengikuti distribusi normal. Asumsi kenormalan residual suatu model regresi sudah diwujudkan oleh model regresi linear atau garis lurus jadi model regresi yang telah dibuat bisa dipakai.

4.5.1. Pengujian asumsi Residual IIDN Material Removal Rate

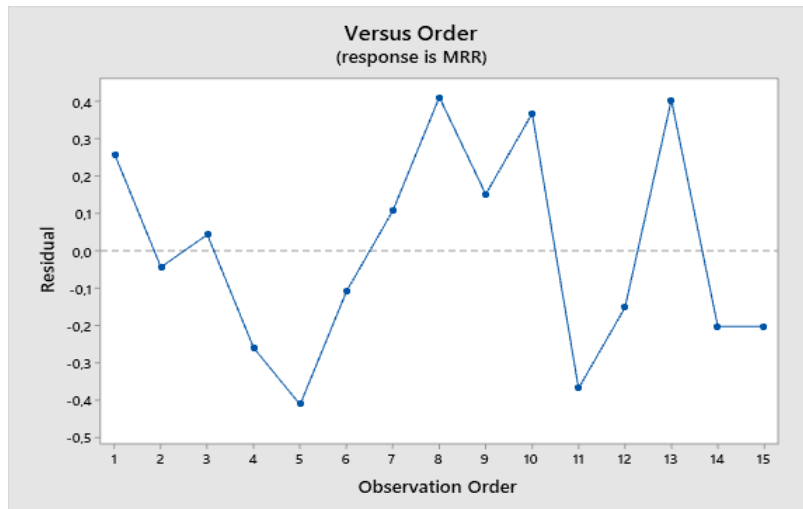
Berikut ini proses pemeriksaan asumsi residual IIDN (identik, independen dan berdistribusi normal) secara grafik dengan menggunakan plot residual hasil output software minitab. Hal ini dibutuhkan untuk mencari tahu apakah model yang diambil telah sesuai dengan asumsi dan bisa digunakan

Dibawah ini adalah plot residual versus fits untuk mengecek asumsi identik



Gambar 4. 3 Plot residual dengan taksiran model

(sumber software analisis)

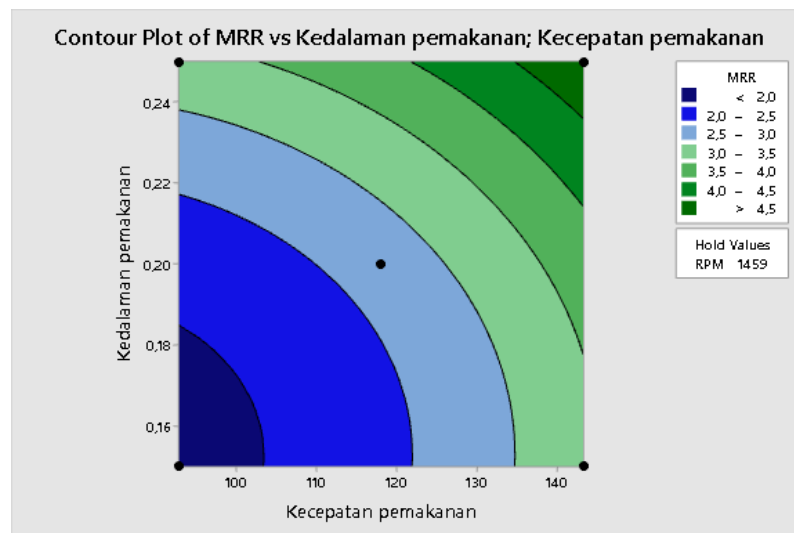


Gambar 4. 4 plot residual dengan *versus order*

Berdasarkan grafik plot residual *versus fits* dan *versus order* pada gambar 4.5.1 dan 4.5.2 bisa dikatakan bahwa sebaran titik titik tersebut tidak membentuk pola tertentu dan menyebar dengan acak. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa data sudah sesuai

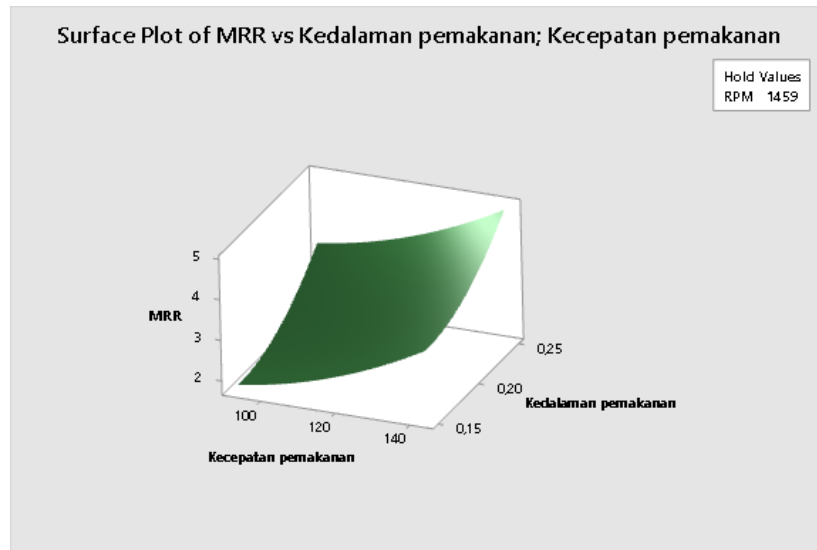
4.6. Grafik surface dan Contour Plot Material Removal Rate

4.6.1. Kedalaman pemakanan dan kecepatan potong



Gambar 4. 5 grafik *Contour plot of MRR vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan*

(sumber software analisis)

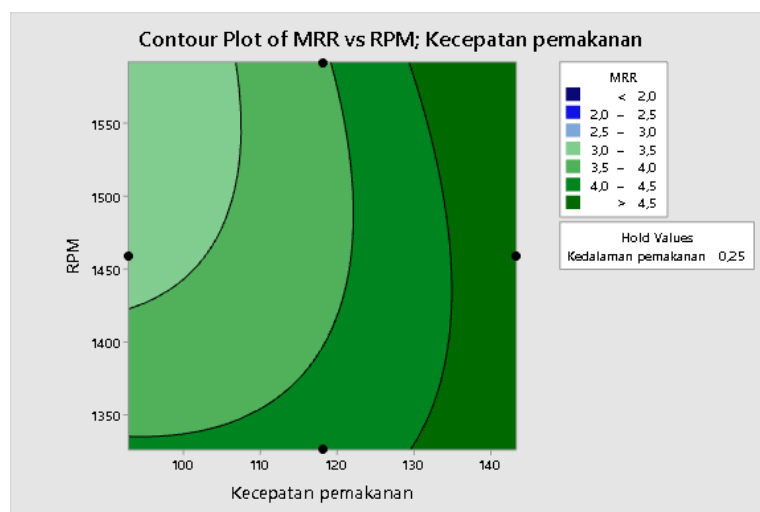


Gambar 4. 6 grafik *surface plot of* MRR vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan

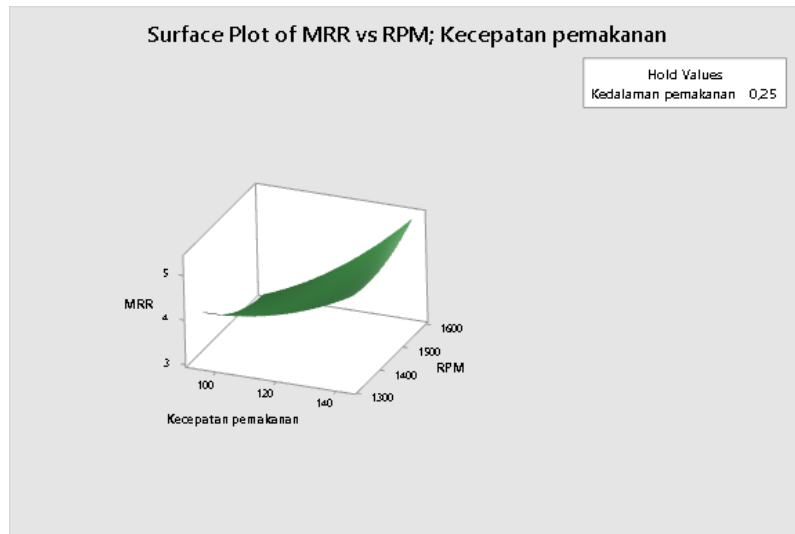
(sumber software analisis)

Dari grafik diatas kita lihat bahwa semakin tinggi kedalaman pemakanan dan semakin tinggi kecepatan pemakanan maka nilai *material removal rate* yang didapatkan semakin membaik. Nilai respon yang terbaik terjadi pada saat kedalaman pemakanan sebesar 0,25mm keatas dan kecepatan pemakanan sebesar 140mm/menit keatas dengan nilai MRR > 4,5

4.6.2. Putaran spindel dan kecepatan potong



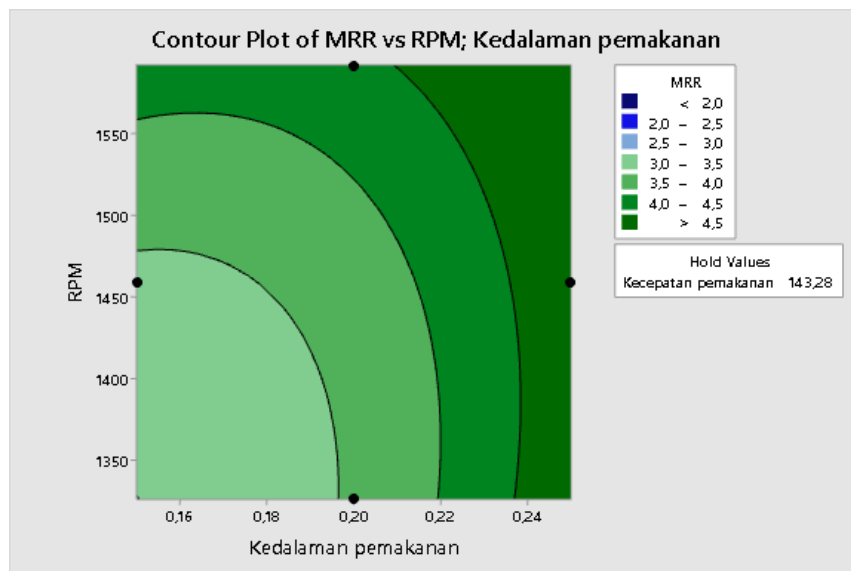
Gambar 4. 7 grafik *contour plot of* MRR vs putaran spindel dan kecepatan pemakanan



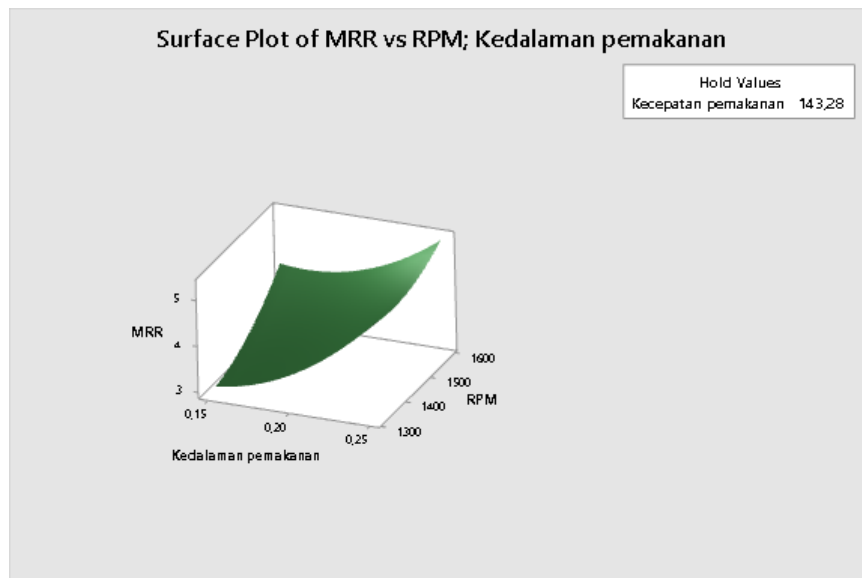
Gambar 4. 8 grafik *surface plot of* MRR vs putaran spindel dan kecepatan pemakanan

Dari grafik diatas kita lihat bahwa semakin tinggi kecepatan potong maka semakin baik nilai *material removal rate* yang didapatkan semakin membaik. Sedangkan untuk kecepatan spindel tidak berpengaruh. Nilai respon yang baik terjadi saat kecepatan potong berada di 140mm/menit keatas dan kecepatan spindel pada saat RPM 1350-1550 dengan nilai $MRR > 4,5$

4.6.3. Putaran spindel dan kedalaman pemakanan



Gambar 4. 9 grafik *contour plot of* MRR vs putaran spindel dan kedalaman pemakanan



Gambar 4. 10 grafik *surface plot of* MRR vs putaran spindle dan kedalaman pemakanan

Dari grafik diatas kita lihat bahwa semakin tinggi kedalaman pemakanan maka nilai *material removal rate* yang didapatkan semakin membaik, sedangkan untuk kecepatan spindle tidak berpengaruh. Nilai respon yang baik terjadi saat kedalaman pemakanan sebesar 0,24mm keatas dan kecepatan spindle dengan RPM sebesar 1350-1550 dengan nilai $MRR > 4,5$

4.7. Pengambilan Data Hasil Kekasaran

Pengambilan data ini dilaksanakan dengan mensetting kombinasi parameter – parameter proses terhadap mesin Moriseki MV – 40 m. Adapun parameter – parameter yang digunakan berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan yaitu kecepatan pemakanan (A) dengan level nilai 92,82 mm/menit, 118,05 mm/menit, dan 143,28 mm/menit, kedalaman pemakanan (B) dengan level nilai 0,15 mm, 0,20 mm, dan 0,25 mm dan putaran spindle (C) dengan level nilai 1326 RPM, 1459 RPM, dan 1592 RPM. Pengolahan data yang dilakukan dengan cara perhitungan eksperimen metode *response surface* dengan menggunakan *software* minitab 16. Berikut hasil data yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

4.7.1. Data hasil kekasaran replikasi 1

Tabel 4. 6 pengambilan data hasil kekasaran replikasi 1

No	Kecepatan Pemakanan (mm/menit)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Spindel (putaran / menit)	Nilai Kekasaran 1 (ra)
1	92,82	0,15	1459	1,407
2	143,28	0,15	1459	2,140
3	92,82	0,25	1459	2,550
4	143,28	0,25	1459	1,551
5	92,82	0,20	1326	2,178
6	143,28	0,20	1326	1,154
7	92,82	0,20	1592	1,594
8	143,28	0,20	1592	2,913
9	118,05	0,15	1326	2,767
10	118,05	0,25	1326	1,645
11	118,05	0,15	1592	0,949
12	118,05	0,25	1592	1,003
13	118,05	0,20	1459	2,568
14	118,05	0,20	1459	1,889
15	118,05	0,20	1459	1,778

4.7.2. Data hasil kekasaran replikasi 2

Tabel 4. 7 Pengambilan data hasil kekasaran replikasi 2

No	Kecepatan Pemakanan (mm/menit)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Spindel (putaran / menit)	Nilai kekasaran 2 (ra)
1	92,82	0,15	1459	1,267
2	143,28	0,15	1459	2,602

3	92,82	0,25	1459	1,796
4	143,28	0,25	1459	1,667
5	92,82	0,20	1326	1,907
6	143,28	0,20	1326	0,952
7	92,82	0,20	1592	1,693
8	143,28	0,20	1592	2,816
9	118,05	0,15	1326	2,462
10	118,05	0,25	1326	1,782
11	118,05	0,15	1592	0,980
12	118,05	0,25	1592	1,826
13	118,05	0,20	1459	2,051
14	118,05	0,20	1459	1,434
15	118,05	0,20	1459	2,001

4.7.3. Data hasil kekasaran replikasi 3

Tabel 4. 8 Pengambilan data hasil kekasaran replikasi 3

No	Kecepatan Pemakanan (mm/menit)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Spindel (putaran / menit)	Nilai kekasaran 3 (ra)
1	92,82	0,15	1459	1,590
2	143,28	0,15	1459	1,889
3	92,82	0,25	1459	2,424
4	143,28	0,25	1459	2,344
5	92,82	0,20	1326	1,857
6	143,28	0,20	1326	0,962
7	92,82	0,20	1592	1,765
8	143,28	0,20	1592	2,938
9	118,05	0,15	1326	2,713
10	118,05	0,25	1326	1,585

11	118,05	0,15	1592	0,965
12	118,05	0,25	1592	1,609
13	118,05	0,20	1459	2,013
14	118,05	0,20	1459	1,732
15	118,05	0,20	1459	1,811

4.7.4. Nilai kekasaran keseluruhan

Tabel 4. 9 Pengambilan data hasil kekasaran keseluruhan

No	Replika 1 (ra)	Replika 2 (ra)	Replika 3 (ra)	Nilai kekasaran keseluruhan (μm)
1	1,407	1,267	1,590	1,421
2	2,140	2,602	1,889	2,210
3	2,550	1,796	2,424	2,256
4	1,551	1,667	2,344	1,854
5	2,178	1,907	1,857	1,980
6	1,154	0,952	0,962	1,022
7	1,594	1,693	1,765	1,684
8	2,913	2,816	2,938	2,889
9	2,767	2,462	2,713	2,647
10	1,645	1,782	1,585	1,670
11	0,949	0,980	0,965	0,964
12	1,003	1,826	1,609	1,479
13	2,568	2,051	2,013	2,210
14	1,889	1,434	1,732	1,685
15	1,778	2,001	1,811	1,863

4.8. Proses Software Analisis Kekasaran

Response Surface Regression: Respon versus Kecepatan Pemakanan; Kedalaman Pemakanan; Putaran spindel

#	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Putaran spindel	Respon	RES11		
1	1	1	2	1	92,82	0,15	1459	1,421	-0,135125		
2	2	2	2	1	143,28	0,15	1459	2,210	-0,100125		
3	3	3	2	1	92,82	0,25	1459	2,256	0,100125		
4	4	4	2	1	143,28	0,25	1459	1,854	0,135125		
5	5	5	2	1	92,82	0,20	1326	1,980	-0,413125		
6	6	6	2	1	143,28	0,20	1326	1,022	-0,448125		
7	7	7	2	1	92,82	0,20	1592	1,684	0,448125		
8	8	8	2	1	143,28	0,20	1592	2,889	0,413125		
9	9	9	2	1	118,05	0,15	1326	2,647	0,548250		
10	10	10	2	1	118,05	0,25	1326	1,670	0,313000		
11	11	11	2	1	118,05	0,15	1592	0,964	-0,313000		
12	12	12	2	1	118,05	0,25	1592	1,479	-0,548250		
13	13	13	0	1	118,05	0,20	1459	2,210	0,290667		
14	14	14	0	1	118,05	0,20	1459	1,685	-0,234333		
15	15	15	0	1	118,05	0,20	1459	1,863	-0,056333		
16											

Gambar 4. 11 data nilai kekasaran menggunakan software minitab 16

Dari data diatas didapatkan hasil menggunakan metode response surface dan tabel anova. Berikut ini adalah hasil dari gambar 4.

Tabel 4. 10 data hasil analisis *response surface methodology* kekasaran permukaan

Coded coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1,919	0,341	5,64	0,002	
Kecepatan Pemakanan	0,079	0,209	0,38	0,720	1,00
Kedalaman Pemakanan	0,002	0,209	0,01	0,992	1,00
Putaran spindel	-	0,209	-0,18	0,863	1,00
	0,038				
Kecepatan Pemakanan*Kecepatan Pemakanan	0,110	0,307	0,36	0,735	1,01
Kedalaman Pemakanan*Kedalaman Pemakanan	-	0,307	-0,31	0,772	1,01
	0,094				
Putaran spindel*Putaran spindel	-	0,307	-0,44	0,677	1,01
	0,135				
Kecepatan Pemakanan*Kedalaman Pemakanan	-	0,295	-1,01	0,359	1,00
	0,298				
Kecepatan Pemakanan*Putaran spindel	0,541	0,295	1,83	0,126	1,00
Kedalaman Pemakanan*Putaran spindel	0,373	0,295	1,26	0,262	1,00

Model summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,589781	56,89%	0,00%	0,00%

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	2,29561	0,25507	0,73	0,677
Linear	3	0,06176	0,02059	0,06	0,979
Kecepatan Pemakanan	1	0,05024	0,05024	0,14	0,720
Kedalaman Pemakanan	1	0,00004	0,00004	0,00	0,992
Putaran spindel	1	0,01148	0,01148	0,03	0,863
Square	3	0,15308	0,05103	0,15	0,927
Kecepatan Pemakanan*Kecepatan Pemakanan	1	0,04454	0,04454	0,13	0,735
Kedalaman Pemakanan*Kedalaman Pemakanan	1	0,03257	0,03257	0,09	0,772
Putaran spindel*Putaran spindel	1	0,06771	0,06771	0,19	0,677
2-Way Interaction	3	2,08078	0,69359	1,99	0,233
Kecepatan Pemakanan*Kedalaman Pemakanan	1	0,35462	0,35462	1,02	0,359
Kecepatan Pemakanan*Putaran spindel	1	1,16964	1,16964	3,36	0,126
Kedalaman Pemakanan*Putaran spindel	1	0,55652	0,55652	1,60	0,262
Error	5	1,73921	0,34784		
Lack-of-Fit	3	1,59664	0,53221	7,47	0,120
Pure Error	2	0,14257	0,07129		
Total	14	4,03482			

Sumber : software analisis

4.9. Anova Kekasaran Permukaan

- Hipotesis :
 H_0 : tidak terdapat pengaruh dari ketiga variabel faktor
 H_1 : terdapat pengaruh dari ketiga variabel faktor
- Kriteria uji :
Tolak H_0 : jika $F_{hitung} > F_{tabel}$
Terima H_1 : jika $F_{hitung} < F_{tabel}$
- α : 0,15 (5%)

- Statistik uji :
 $F_{hitung} : 0,73$ (dari hasil software diatas)
 $F_{tabel} : 3,81$ (dari tabel distribusi F α 0,05)
- Analisa :
 Karena F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} , dapat ditarik kesimpulan bahwa cukupnya bukti untuk terima H_1 , yang artinya terdapat pengaruh yang signifikan dari ketiga variabel faktor

4.10. Uji Lack Of Fit Kekasaran Permukaan

- Hipotesis :
 H_0 : tidak mempunyai *lack of fit*
 H_1 : mempunyai *lack of fit*
- Daerah penolakan :
 Hipotesis awal (H_0) akan ditolak jika p – value kurang dari nilai α . Sebaliknya, hipotesis awal akan gagal ditolak jika p – value melewati nilai α
- α : 0,05 (5%)
- Interpretasi hasil uji *lack of fit* pada *analisis response surface* pada hasil gambar 4.8. tabel ANOVA memberitahukan bahwa p – value hasil uji *lack of fit* bernilai 0,120. Jika menggunakan nilai α sebesar 5%, jadi keputusannya adalah gagal menolak hipotesis awal yang menerangkan tidak mempunyai *lack of fit*. Artinya, model yang telah dilakukan sesuai dengan data.

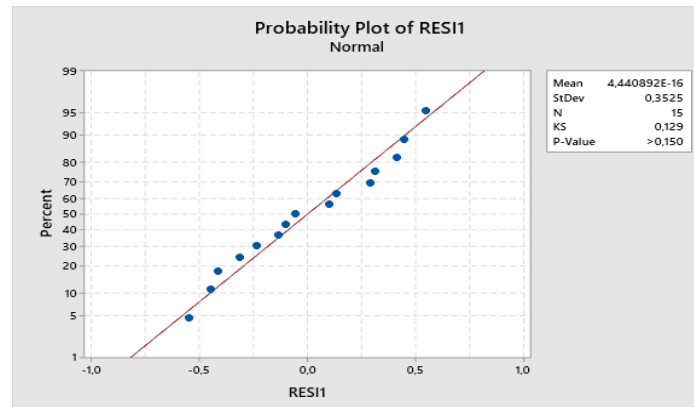
Tabel *coded coefficient for respons* menunjukkan hasil parameter pada gambar 4.8. selain parameter, tabel juga memberikan nilai hasil pengujian parameter dengan menggunakan statistik t yang diubah kedalam p – value. Berdasarkan hasil analisis, modelnya adalah

$$Y = 1,919 + 0,079 + 0,002 - 0,038 + 0,110 - 0,094 - 0,135 - 0,298 + 0,541 + 0,373$$

Untuk mengecek cukupnya model, kita tidak harus melihat lack of fit saja, tapi wajib melakukan analisis residual. Terdapat 3 cara yang wajib dilakukan pada

analisis residual, yaitu mengecek kenormalan residual, membuat plot residual dengan hasil data respons, dan membuat plot residual dengan order.

4.11. Uji Kenormalan Residual Kekasaran



Gambar 4. 12 plot distribusi normal residual mode regresi linear sederhana

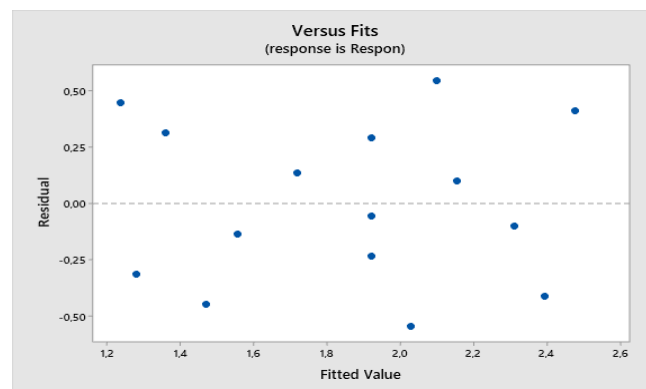
- Hipotesis
 H_0 : residual berdistribusi normal
 H_1 : residual tidak berdistribusi normal
- Daerah penolakan
 Daerah penolakan $KS > KS_{1-\alpha}$ pada sejumlah pengamatan (n) tertentu. Apabila statistik Kolmogorov – Smirnov diubah ke dalam p – value, maka daerah penolakannya adalah $p - value < \alpha$
- Analisa
 Pada uji kolmogorov – smirnov, kita akan menggunakan α sebesar 0.05. dari sini, kita dapat mengetahui nilai statistik kolmogorov – smirnov pada tabel kuantil uji statistik kolmogorov – smirnov. Berdasarkan tabel kuantil uji, statistik kolmogorov - smirnov untuk $\alpha = 0.05$ dan jumlah pengamatan sebanyak 15 pengamatan adalah 0.338 (uji 2 arah). Nilai ini akan dijadikan patokan untuk mengambil kesimpulan berdasarkan uji kenormalan data yang telah dilakukan.
 Pada gambar 4.11. menunjukkan pula hasil statistik kolmogorov – smirnov dan p – value untuk pengujian distribusi normal. Nilai statistik

kolmogorov – smirnov yaitu 0,129 dan p – value uji normal residual grafik melewati 15%. Jadi, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil uji kenormalan residual model regresi linear yang dilakukan telah sesuai dengan distribusi normal. Asumsi kenormalan residual suatu model regresi sudah terpenuhi oleh model regresi linear sehingga model regresi yang sudah dilakukan bisa digunakan

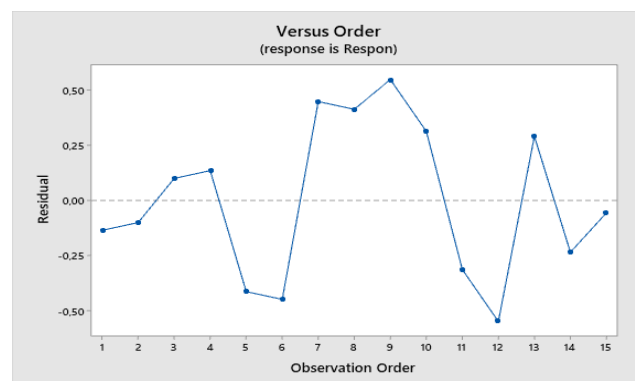
4.12. Pengujian asumsi Residual IIDN Kekasaran Permukaan

Berikut ini proses pemeriksaan asumsi residual IIDN (identik, independen dan berdistribusi normal) secara grafik dengan menggunakan plot residual hasil output software minitab. Hal ini dibutuhkan untuk mencari tahu apakah model yang diambil telah sesuai dengan asumsi dan bisa digunakan

Dibawah ini adalah plot residual versus fits untuk mengecek asumsi identik



Gambar 4. 13 plot residual dengan taksiran model

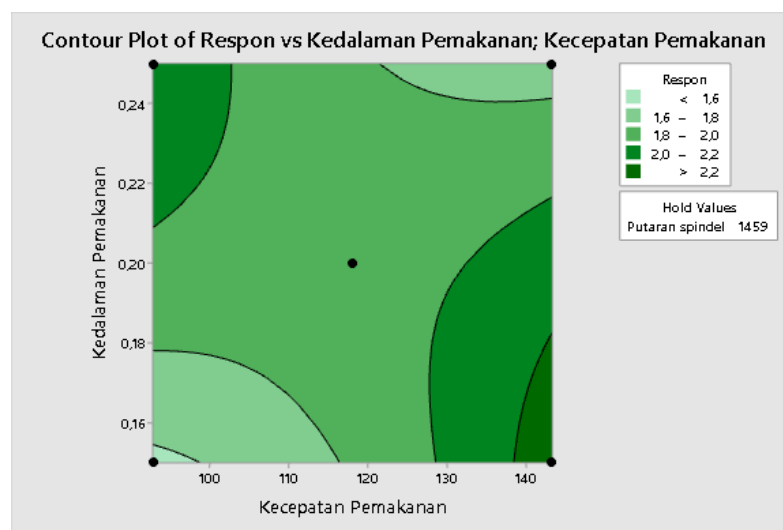


Gambar 4. 14 plot residual dengan order model

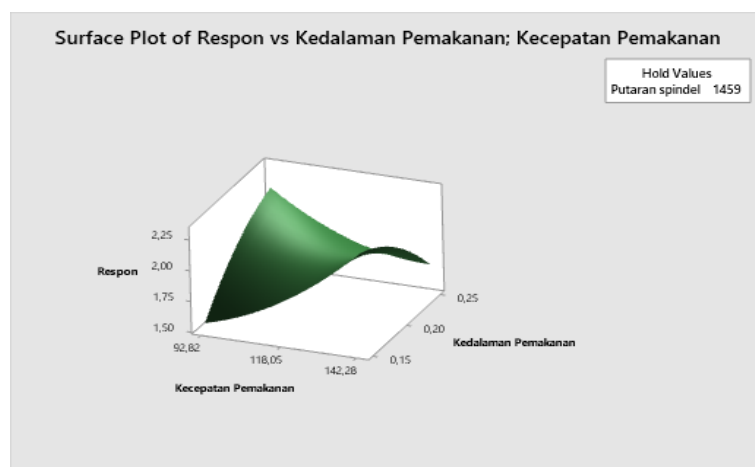
Berdasarkan pengecekan asumsi identik menggunakan plot residual *versus fits* dan order model pada gambar 4.12.1 dan 4.12.2 dapat ditarik kesimpulan bahwa titik-titik pada plot diatas menyebar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu. Jadi dapat diambil keputusan bahwa data yang dilakukan telah sesuai

4.13. Grafik Surface Plot

4.13.1. Grafik *surface plot of respons* vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan



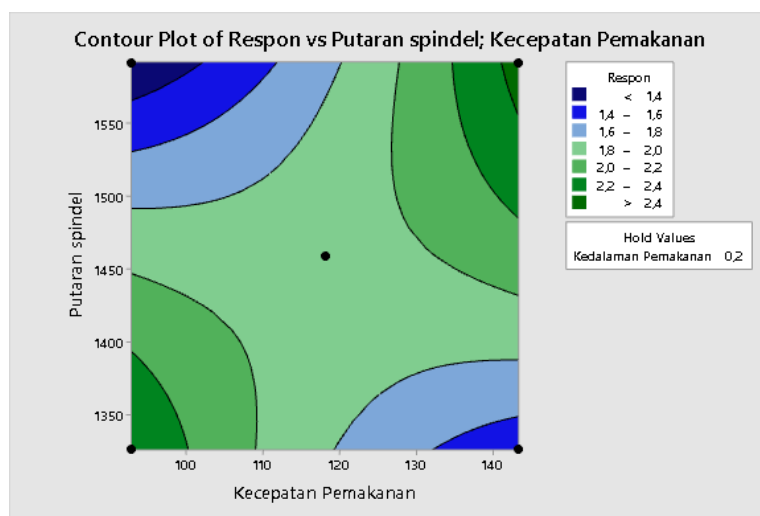
Gambar 4. 15 a grafik *Contour plot of* kekasaran permukaan vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan



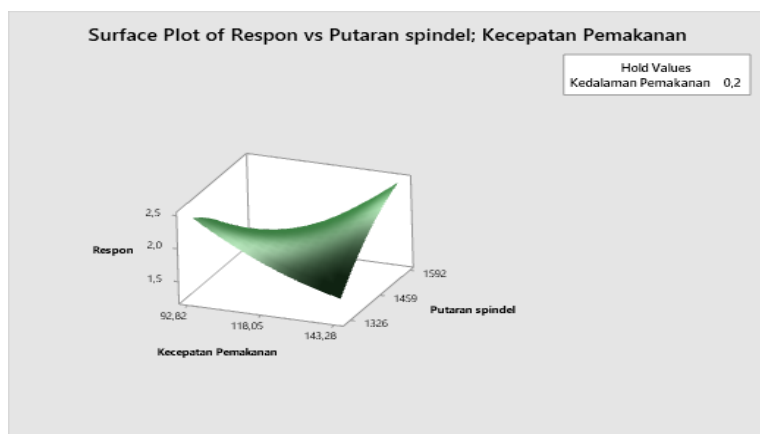
Gambar 4. 16 grafik *surface plot of* kekasaran permukaan vs kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan

Dari grafik diatas kita lihat bahwa semakin rendah kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan, maka nilai kekasaran yang didapatkan semakin baik. Sedangkan untuk kecepatan spindle tidak terlalu berpengaruh. Nilai respon yang terbaik terjadi pada saat kecepatan pemakanan berada di nilai 90-120mm/menit dan kedalaman pemakanan sebesar 0,16mm kebawah

4.13.2. Grafik *surface plot of* kekasaran permukaan vs kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan



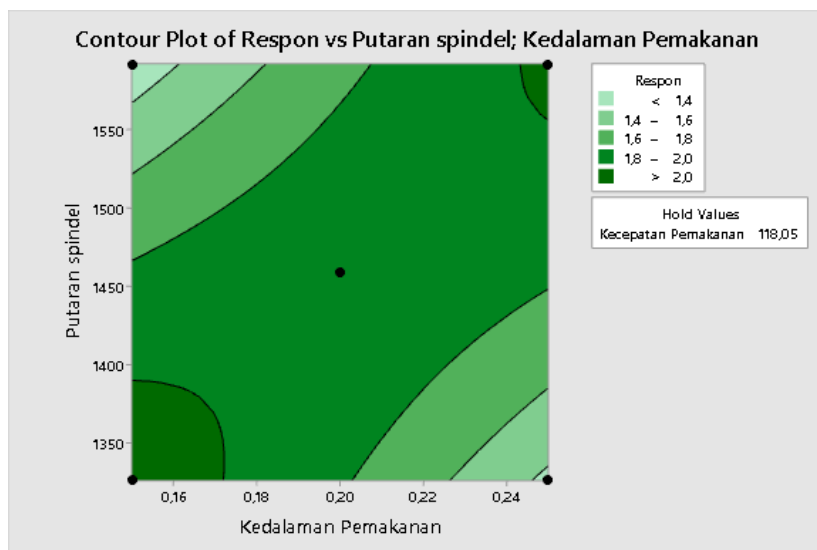
Gambar 4. 17 grafik *Contour plot of* kekasaran permukaan vs kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan



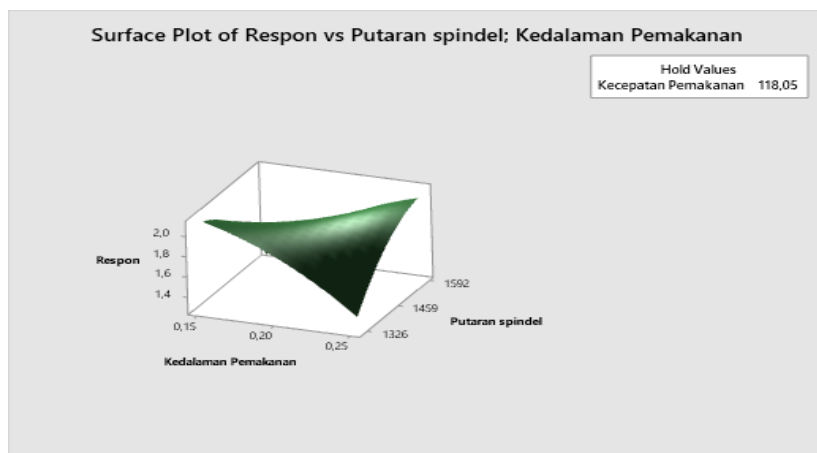
Gambar 4. 18 grafik *surface plot of* kekasaran permukaan vs kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan

Dari grafik diatas kita lihat bahwa semakin rendah kecepatan pemakanan dan semakin tinggi kecepatan spindle, maka nilai kekasaran yang didapatkan semakin baik. Nilai respon yang terbaik terjadi pada saat kecepatan pemakanan berada di nilai 90-120mm/menit dan kecepatan spindle berada di nilai sebesar 1500 putaran/menit keatas.

4.14.1. Grafik *surface plot of* Kekasaran Permukaan vs kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan



Gambar 4. 19 grafik *contour plot of* kekasaran permukaan vs kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan



Gambar 4. 20 grafik *surface plot of* kekasaran permukaan vs kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan

Dari grafik diatas kita lihat bahwa semakin tinggi kecepatan spindel dan semakin rendah kedalaman pemakanannya, maka nilai kekasaran yang didapatkan semakin baik. Nilai respon yang terbaik terjadi pada saat kedalaman pemakanan berada di nilai 0,20mm kebawah dan kecepatan spindel berada di nilai sebesar 1500 putaran/menit keatas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan oleh peneliti pada bab sebelumnya mengenai judul Pengaruh Variasi Parameter Terhadap *Material Removal Rate* dan Kekasaran Permukaan *Stainless Steel 304* Pada Proses *CNC Milling*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis yang telah dilakukan terhadap nilai kekasaran permukaan dan *material removal rate*, dari ketiga variabel faktor yaitu kecepatan potong, kedalaman pemakanan, dan putaran spindel. Dimana kecepatan potong dan kedalaman pemakanan memberikan pengaruh yang besar daripada putaran spindel terhadap respon kekasaran dan *material removal rate*
2. Pengaturan setting parameter pada proses *CNC Milling* untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang paling rendah pada material *stainless steel 304* dapat diperoleh dengan variasi parameter kecepatan pemakanan 118,05 (faktor A level 2), kedalaman pemakanan 0,15 (faktor B level 1), putaran spindel 1456 (faktor C level 2) dengan nilai kekasaran yang dihasilkan 0,964 μm .
3. Pengaturan setting parameter pada proses *CNC Milling* untuk menghasilkan nilai *material removal rate* paling baik pada material *stainless steel 304* dapat diperoleh dengan variasi parameter kecepatan pemakanan 143,28 (faktor A level 3), kedalaman pemakanan 0,25 (faktor B level 3), putaran spindel 1459 (faktor C level 2) dengan nilai MRR yang dihasilkan 4,694 mm³/menit

1.2. Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini selanjutnya dapat dikembangkan lagi dengan cara menambahkan parameter bebas dan levelnya seperti versi media pendingin dan material alat potong yang lebih keras lagi

2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan selain metode *respon surface methodology* sebagai perbandingan terhadap respon seperti metode taguchi, desain faktorial dan metode lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Endang Pudji Purwanti, dan Ferihan Pilarian. "OPTIMASI PARAMETER PROSES PEMOTONGAN STAINLESS STEEL SUS 304 UNTUK KEKASARAN PERMUKAAN DENGAN METODE RESPON SURFACE." *PROSIDING*, 2013: 3-4.
- Faulina, Ria , Shofi Andari, dan Dian Anggraeni. "RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM) DAN APLIKASINYA." *Academia Edu*, 2011: 152.
- Fitria, Nurul. "OPTIMASI PARAMETER REGRESI RESPON SURFACE METHODOLOGY DALAM LABA USAHA PEDAGANG BUAH DAN APLIKASINYA MENGGUNAKAN MATLAB." 2015.
- Handoko, S.T., M.T, dan Ir. Mudjjjana, M.Eng. "PENGARUH FEEDRATE TERHADAP SURFACE ROUGHNESS DAN MATERIAL REMOVAL RATE PADA OPERASI BUBUT BAHAN AUSTEMPERED DUCTILE IRON." *Prosiding*, 2012: 48.
- Muhammad P Jahan, Mustafizur Sazedur Rahman, dan Yokesan Wong. "Micro-Electrical Discharge Machining (Micro-EDM): Processes, Varieties, and Applications." *Science Direct (ScienceDirect)*, 2014: 333-371.
- Purna Septiaji. "ANALISA PERHITUNGAN MRR, OVERCUT, DAN KETIRUSAN PADA STAINLESS STEEL 304 DAN ALUMINIUM 1100 DENGAN PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN GAP PADA PROSES ELECTRO-CHEMICAL MACHINING (ECM) MENGGUNAKAN ELEKTRODA TERISOLASI." *Research Repository*, 2016: 1.
- Sumarji. "STUDI PERBANDINGAN KETAHANAN KOROSI STAINLESS STEEL TIPE SS 304 DAN SS 201 MENGGUNAKAN METODE U-BEND TEST SECARA SIKLIK DENGAN VARIASI SUHU DAN PH." *Jurnal ROTOR*, 2011: 2.
- Zainuddin. "ANALISIS TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN PADA HASIL PEMESINAN MESIN MILLING DENGAN VARIASI TINGGI PENCEKAMAN BENDA KERJA DAN TINGGI PEMASANGAN ENDMILL CUTTER." 2019.

LAMPIRAN 1
Daftar Riwayat Hidup

Informasi pribadi

Nama : Dimas Putra Utama
NPM : 1041836
Tempat / Tanggal : Pangkal Pinang, 22 Oktober 2000
Jenis Kelamin : Laki-laki
Jurusan/Prodi/Kelas : Teknik Mesin dan Manufaktur
Alamat : Nang Nung Utara
No. Hp/Wa : 089627219913
Email : dimas.putrautama22@gmail.com
Nama orang tua

Ayah : Zulkarnain

Ibu : Yunita

Alamat : Nang Nung Utara

Riwayat Pendidikan :

- SDN 1 Sungailat
- SMP Setia Budi Sungailat
- SMA Setia Budi Sungailat



LAMPIRAN 2 SERTIFIKAT STAINLESS STEEL 304

Material Description/Product Cold Rolled Annealed and Pickled Stainless Steel				Material Specifications ASTM A 240, ASTM A 480, ASTM A 370				Process-Route EAF-AOD-LRF-CCS		Dimension Tolerance specification As per DSAPO Agreement					
PHYSICAL DESCRIPTION															
SR NO	BATCH NO	HRC/PLATE NO.	PKT/PALLETT NO	WEIGHT (MT)	NO OF PCS	HEAT NO	GRADE	THK (mm)	WIDTH (mm)	LENGTH (mm)	FINISH	EDGE	QUALITY		
1	2001862389	N106110322		5.165		N6110322	304	2.000	1,219.00		2B	TE	PRIME		
2	2001860702	N106110320		4.890		N6110320	304	2.000	1,219.00		2B	TE	PRIME		
3	2001860703	N106110320		4.960		N6110320	304	2.000	1,219.00		2B	TE	PRIME		
4	2001860439	N106110624		2.212	51	N6110624	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
5	2001860488	N106110507		1.994	43	N6110507	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
6	2001860486	N106110507		2.133	46	N6110507	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
7	2001860485	N106110507		2.133	46	N6110507	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
8	2001860487	N106110507		2.134	46	N6110507	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
CHEMICAL ANALYSIS (LADLE)															
SR NO.	HEAT NO	GRADE	C%	Mn%	S%	P%	Si%	Ni%	Cr%	N%	Mo%	Cu%	Ti%	Nb/Cb%	Al%
1	N6110322	304	0.047	1.04	0.002	0.025	0.41	8.05	18.10	0.048					
2	N6110320	304	0.049	1.07	0.004	0.029	0.42	8.03	18.23	0.057					
3	N6110320	304	0.049	1.07	0.004	0.029	0.42	8.03	18.23	0.057					
4	N6110624	304	0.020	1.39	0.002	0.029	0.38	8.01	18.05	0.062					
5	N6110507	304	0.023	1.37	0.002	0.027	0.41	8.02	18.18	0.063					
6	N6110507	304	0.023	1.37	0.002	0.027	0.41	8.02	18.18	0.063					
7	N6110507	304	0.023	1.37	0.002	0.027	0.41	8.02	18.18	0.063					
8	N6110507	304	0.023	1.37	0.002	0.027	0.41	8.02	18.18	0.063					
MECHANICAL PROPERTIES								ADDITIONAL INFORMATION							
Sr No.	Batch No.	Thk mm	Rp 0.2/YS Mpa	Rp 1.0 Mpa	Rm/TS Mpa	%EL A 50 mm	%EL A 80 mm	Hardness HRB	Bend Test 180°						
1	2001862389	2.00	278		632 59			88							
2	2001860702	2.00	269		586 63			86							
3	2001860703	2.00	269		586 63			86							
4	2001860439	2.00	276		628 55			85							
5	2001860488	2.00	288		630 56			85							
6	2001860486	2.00	288		630 56			85							
7	2001860485	2.00	288		630 56			85							
8	2001860487	2.00	288		630 56			85							