OPTIMALISASI PARAMETER PROSES MESIN CNC *MILLING* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN YANG AKAN DIGUNAKAN UNTUK MEMBUAT CETAKAN KAMPAS REM DEPAN

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

Disusun Oleh :

Fadel Ramiro NIM. 1042038

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG

TAHUN 2024

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

OPTIMALISASI PARAMETER PROSES MESIN CNC MILLING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN YANG AKAN DIGUNAKAN UNTUK MEMBUAT CETAKAN KAMPAS REM DEPAN

Oleh :

Fadel Ramiro / 1042038

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

Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng

Penguji 1

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

Penguji 2

Husman, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Fadel Ramiro NIM : 1042038

Dengan Judul : Optimalisasi Parameter Proses Mesin CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Yang Akan Digunakan Untuk Membuat Cetakan Kampas Rem Depan

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

Sungailiat, 10 Juli 2024

Nama Mahasiswa

1. Fadel Ramiro

Tanda Tangan

ABSTRAK

Dengan teknologi di zaman modern saat ini, pembuatan cetakan kampas rem tentunya mengandalkan mesin produksi yang sebagian besar dikendalikan oleh komputer, salah satunya yaitu penggunaan CNC Milling. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter proses yang optimal terhadap kekasaran permukaan pada proses pemesinan CNC Milling menggunakan metode Taguchi dengan matriks ortogonal L_9 (3^3)*. Parameter proses yang digunakan adalah kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan kecepatan spindel. Penelitian ini menggunakan mata potong insert carbide berdiameter 10mm dan material baja S50C. Parameter proses yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan adalah Kecepatan Pemakanan dengan persentase kontribusi sebesar 40.46%, sedangkan untuk kedalaman pemakanan dan kecepatan spindel masing-masing sebesar 14.01% dan 12.36%.*

Kata kunci : *CNC Milling; Baja S50C; Optimalisasi; Taguchi; Carbide*

ABSTRACT

With technology in today's modern era, making brake lining molds of course relies on production machines which are mostly controlled by computers, one of which is the use of CNC Milling. This research aims to obtain optimal process parameters for surface roughness in the CNC Milling machining process using the Taguchi method with the L9 orthogonal matrix (3^3). The process parameters used are feed speed, feed depth and spindle speed. This research uses a 10mm diameter carbide insert cutting edge and S50C steel material. The process parameter that most influences the surface roughness of the resulting product is Feed Speed with a contribution percentage of 40.46%, while feed depth and spindle speed are 14.01% and 12.36% respectively.

Keywords : *CNC milling; S50C Steel; Optimization; Taguchi; Carbide*

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat,berkat, dan hidayahnya sehingga Proyek Akhir yang berjudul "Optimalisasi Parameter Proses Mesin CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Yang Akan Digunakan Untuk Membuat Cetakan Kampas Rem Depan" ini dapat diselesaikan dengan baik. Proyek akhir ini dilaksanakan salah satunya bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Program Studi DIV Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang terlibat atas bantuan, arahan, bimbingan, dan dorongan selama proses proyek akhir ini dilaksanakan, khususnya kepada :

1. Kedua Orang tua beserta keluarga penulis yang selalu memberikan semangat, doa, materi, didikan, dan motivasi dalam melaksanakan pendidikan yang luar biasa ini sehingga bisa bertahan sampai saat ini.
2. Bapak Eko Yudo, S.S.T., M.T. dan Bapak Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang selalu menemani, membimbing, mengarahkan selama pelaksanaaann proyek akhir ini.
3. Bapak Zaldy Kurniawan, S.S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang selalu menjadi wali mahasiswa atas kendala-kendala yang dihadapi di perkuliahan.
4. Seluruh Pegawai dan staff Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, khususnya kepada PLP yang selalu sigap membantu.
5. Kepada rekan seperjuangan DIV TMM yang selalu menemani dikala suka dan duka perkuliahan.

Dan tanpa mengurangi rasa hormat dan terima kasih, kepada seluruh pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan banyak terima kasih karena berkat kalian juga proyek akhir ini dapat terselesaikan.

Pada laporan ini tentunya masih banyak kekurangan dan kesalahan baik dari penulisan maupun unsur kebahasaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dipersilahkan demi laporan yang lebih baik lagi kedepannya. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan juga penulis.

Sungailiat, 10 Juli 2024

Penulis

Fadel Ramiro

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT iii

ABSTRAK iv

ABSTRACT v

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Perumusan Masalah 3

1.3. Tujuan 3

1.4. Batasan Masalah 4

BAB II 5

DASAR TEORI 5

2.1. CNC (*Computer Numerical Control*) 5

2.1.1. Prinsip Kerja CNC 5

2.1.2. Parameter Proses Pemesinan CNC 7

2.2. Material Baja Karbon S50C 9

2.3. Kekasaran Permukaan 10

2.4. Metode Penelitian 12

2.4.1. Metode Taguchi **12**

2.4.2. Langkah Metode Taguchi **13**

BAB III **14**

METODE PELAKSANAAN **14**

3.1. Alur Penelitian **14**

3.2. Identifikasi Masalah **15**

3.3. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian **16**

3.4. Rancangan Penelitian **16**

3.4.1. Variabel Bebas **17**

3.4.2. Desain Penelitian **17**

3.5. Persiapan Alat dan Bahan **18**

3.5.1. Alat **18**

3.5.2. Bahan **20**

3.6. Pelaksanaan Penelitian **21**

3.7. Pengambilan Data **22**

3.8. Analisis Data **22**

3.9. Kesimpulan **22**

BAB IV PEMBAHASAN **23**

4.1. Pengambilan Data Pengujian **23**

4.2. Pengolahan Data Taguchi **24**

4.2.1. Perhitungan S/N Rasio **24**

4.2.2. Penentuan Respon yang dihasilkan **28**

4.3. Analisis Of Varian (ANOVA) **30**

4.3.1. Derajat Kebebasan (DOF) **30**

4.3.2. Jumlah Kuadrat (*Sum Of Square*) **31**

4.3.3. Rerata Kuadrat (*Mean Square*) ... 32

4.3.4. Analisis ... 33

4.3.5. Persentase Kontribusi ... 35

4.4. Prediksi Menggunakan Parameter Optimasi ... 36

BAB V PEMBAHASAN ... 38

5.1. Kesimpulan ... 38

5.2. Saran ... 38

DAFTAR PUSTAKA ... 39

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Parameter Variabel Bebas 17
Tabel 3. 2 Desain Eksperimen 17
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian 23
Tabel 4. 2 S/N Rasio Kekasaran permukaan 26
Tabel 4. 3 Tabel Respon S/N Rasio 29
Tabel 4. 4 ANOVA S/N Rasio 35
Tabel 4. 5 Persentase Kontribusi 36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Posisi Profil 11
Gambar 3. 1 Diagram Alir 15
Gambar 3. 2 Lagun MV-40m.. 18
Gambar 3. 3 alat Uji Kekasaran Permukaan Mitutoyo 19
Gambar 3. 4 Holder Cutter... 19
Gambar 3. 5 Material S50C 20
Gambar 3. 6 Insert Carbide 21
Gambar 3. 7 Proses Pelaksanaan Penelitian.. 21
Gambar 4. 1 Hasil Perangkat Lunak Pengolah Data... 27
Gambar 4. 2 *Main Effect Plot* S/N Rasio 27
Gambar 4.3 Prediksi Parameter Optimal 37

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan teknologi yang terus berkembang, banyak upaya yang dilakukan untuk melakukan optimalisasi diberbagai bidang, salah satunya yaitu dalam bidang otomotif yang saat ini menjadi kebutuhan bagi masyarakat. Optimalisasi pada kendaraan dilakukan untuk meningkatkan peforma dan efisiensi yang dimiliki oleh mesin kendaraan tersebut. Hal ini tentunya harus diimbangi dengan sistem keamaan yang dimiliki untuk menghindari terjadinya kecelakaan, sistem pengereman pada kendaraan yang digunakan menjadi sala satu hal yang harus diperhatikan. Menurut Manik (2022), bagian terpenting dari sistem pengereman terletak pada kampas rem dimana harus dapat menunjang daya dan kecepatan kendaraan. Kampas rem merupakan media yang bekerja untuk mengurangi kecepatan kendaraan. Jika kampas rem yang digunakan tidak berfungsi dengan baik, maka hal tersebut dapat membahayakan pengguna kendaraan tersebut maupun pengguna jalan lainnya. (Asep, 2022).

Kualitas dari kampas rem terletak pada bagian lapisan gesek yang digunakan. Lapisan Gesek. Lapisan gesek pada kampas rem harus memiliki sifat mekanis seperti koefisien gesekan, keausan, kekuatan tarik, kekerasan, hingga kekasaran permukaan. (Sutikno *dkk.*, 2011). Menurut Bimantoro dan Darmanto (2022), salah satu faktor yang menjadi indikator efisiensi pada kampas rem terletak pada tingkat keausan lapisan gesek yang dimiliki kampas rem tersebut. Hal ini dikarenakan semakin rendah tingkat keausan yang terjadi, masa pakai kampas rem tersebut juga kian lama. Tingkat keausan sendiri disebabkan oleh berbagai faktor seperti kekasaran permukaan lapisan gesek yang nantinya berfungsi mencengkram piringan rem pada roda kendaraan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya gesekan antara lapisan gesek kampas rem dan piringan rem yang menyebabkan kecepatan kendaraan berkurang.

Pengaruh kekasaran permukaan terhadap keausan pernah diteliti oleh Svanh dkk (2003), yang meneliti pengaruh kekasaran permukaan terhadap gesekan dan

keausan lapisan elemen mesin dan menyimpulkan bahwa permukaan yang lebih kasar memberikan koefisien gesekan yang lebih tinggi.

Proses manufaktur yang dilakukan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan. Dengan kemajuan teknologi saat ini, proses manufaktur yang dilakukan dapat lebih efisien. Penelitian yang dilakukan dalam optimasi kampas rem umumnya menggunakan metode pencetakan dalam membuat lapisan gesek dengan material komposit. Menurut Barasa dkk (2014), dalam meneliti kampas rem dengan bahan komposit pengisi palm, menyimpulkan kekerasan tertinggi dan laju keausan terkecil pada kanvas rem dengan bahan komposit pengisi *palm slag* dicapai dengan tekanan pemadatan 380 bar dan suhu sintering 150 derajat celcius.Dalam penelitian Guna (2024), yang meneliti densitas dan kekerasan komposit dengan prngstuh fraksi volume dan suhu sintering terhadap lapisan gesek kampas rem, menyimpulkan bahwa nilai kekerasan tertinggi didapatkan dengan sampel bermatriks 95% dengan nilai densitas 2,106 g/cm^3 dan suhunya 550°C sebesar 61,6 HB. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2012), kualitas cetakan yang digunakan sangat menentukan kualitas dari produk yang dihasilkan. Serta penelitian yang dilakukan Dylan dkk, (2023), yang membuat kampas rem dengan metode komposit. Ketelitian pada saat membuat cetakan tidak kalah penting saat proses pembuatan kampas rem sendiri. Menurut Adiningtiah dkk (2022), yang meneliti pengaruh bahan baku dan proses pembuatan terhadap kualitas produk menyimpulkan bahwa proses pembuatan sangat berpengaruh terhadap kualitas yang dihasilkan.

Dengan teknologi di zaman modern saat ini, pembuatan cetakan kampas rem tentunya mengandalkan mesin produksi yang sebagian besar dikendalikan oleh komputer, salah satunya yaitu penggunaan CNC Milling. CNC merupakan singkatan dari *Computer Numerical Control*. CNC adalah sistem pada mesin perkakas yang dikendalikan berdasarkan perintah yang telah diprogram secara abstrak yang kemudian disimpan dimedia penyimpanan. Dibandingkan dengan mesin konvensional, mesin CNC memiliki keunggulan seperti tingkat presisi yang tinggi, dapat mengerjakan bentuk dan dimensi yang rumit, kontrol yang dikendalikan langsung dan dapat dipantau melalui komputer. (Retyawan *dkk.*,

2018). Dengan tingkat presisi yang tinggi, maka kualitas produk yang dihasilkan juga baik. (Endrian, 2021). Selain itu, produktivitas yang dihasilkan oleh mesin CNC ini juga lebih besar dibandingkan produktivitas pada mesin konvensional.

Dalam proses manufaktur, kualitas produk dapat dinilai salah satunya melalui tingkat kekasaran prermukaan produk tersebut. Menurut Mahendra (2022) berpendapat bahwa semakin kecil tingkat kekasarannya, maka semakin baik kualitas produk tersebut.

Penelitian yang berjudul "Optimalisasi Parameter Proses Mesin CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Yang Akan Digunakan Untuk Membuat Cetakan Kampas Rem Depan" bertujuan untuk mendapatkan parameter proses yang optimal terhadap kekasaran permukaan pada proses pemesinan CNC *Milling*.

1.2. Perumusan Masalah

Setelah menyajikan latar belakang penelitian ini, maka masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh parameter pada mesin CNC (*Computer Numerical Control*) Milling terhadap kekasaran permukaan produk CNC milling yang dihasilkan ?
2. Parameter manakah yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan pada mesin CNC Milling ?
3. Bagaimana kombinasi parameter yang optimal terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan pada mesin CNC Milling ?

1.3. Tujuan

Penelitian ini dilakukan untuk :

1. Mengetahui pengaruh parameter pada mesin CNC Milling terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan.
2. Dapat menentukan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan pada mesin CNC Milling.

3. Mengetahui kombinasi parameter yang optimal terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar tujuan dari dilakukan penelitian ini dapat tercapai dengan terarah. Batasan masalah tersebut sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini, proses pemesinan CNC Milling menggunakan Mesin CNC Milling Lagun MV-40m, dengan cutter Carbide berdiameter 10 mm
2. Material yang digunakan adalah Baja S50C.
3. Parameter Proses yang ditetapkan yaitu Kecepatan Pemakanan (100, 105, dan 110), Kedalaman pemakanan (0.1mm, 0.3mm, dan 0.5mm), dan Kecepatan spindel (3184 RPM, 3343 RPM, dan 3503 RPM).

BAB II
DASAR TEORI

2.1. CNC (*Computer Numerical Control*)

Computer Numerical Control atau yang disingkat CNC merupakan salah satu mesin perkakas yang dikendalikan oleh komputer berdasarkan program. Mesin CNC dikenalkan oleh Jhon Pearson dari institut teknologi Massachuets yang mengatasnamakan angkatan udara Amerika Serikat pada tahun 1952. Mesin ini diaplikasikan untuk memproduksi benda khusus yang memiliki bentuk rumit. Dengan bantuan komputer, bentuk-bentuk yang sulit dikerjakan pada mesin perkakas manual dapat dikerjakan dengan presisi dan cepat. Pengerjaan tersebut menggunakan bantuan program yang telah diinput kedalam komputer. Program tersebut terdiri dari karakter angka dan huruf yang berfungsi sebagai perintah untuk mesin perkakas dalam beroperasi. Dengan kata lain, tugas seorang operator pada mesin perkakas konvensional misalnya mengatur pergerakan pahat pada posisi yang diinginkan, mengatur kecepatan dan gerak pemotongan sesuai yang diinginkan (Feriagam *dkk.*, 2016).

2.1.1. Prinsip Kerja CNC

Prinsip kerja dari mesin CNC sama halnya dengan mesin perkakas konvensional. Dalam mesin CNC milling, proses pemotongan terjadi dikarenakan interaksi antara pahat dengan benda kerja yang bergesekan. Peran operator digantikan dengan komputer dengan membaca program yang ada didalamnya. Program tersebut berbentuk *G-Code* yang dibuat oleh *programmer*, baik secara manual maupun dengan bantuan perangkat lunak pemrograman CNC.

Sama pada mesin milling konvensional, CNC milling juga memiliki 3 axis yaitu X, Y, dan Z. Dimana umbu X merupakan sumbu yang bergerak kearah memanjang terhadap meja mesin atau berorientasi horizontal bagi mesin dengan turret untuk melakukan ke arah kanan atau kiri. Sedangkan sumbu Y merupakan sumbu yang sejajar arah lebar pada meja mesin dan juga berorientasi horizontal bagi mesin dengan turret, tapi untuk melakukan ke arah maju atau mundur.

Sumbu Z adalah turret atau spindel yang tegak lurus dengan meja mesin dan melakukan pergerakan naik atau turun.

Proses dalam membuat program tentunya harus memahami bahasa yang digunakan dalam mesin yaitu kode G dan M beserta fungsinya seperti yang disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Daftar Kode M dan G beserta Kegunaannya

Kode	Kegunaan
G00	Menggerakkan pahat lurus cepat tanpa ada pemakanan
G01	Menggerakkan pahat untuk proses pemakanan benda kerja dengan gerakan lurus
G02	Gerak pemakanan dengan arah melingkar searah jarum jam
G03	Gerak pemakanan dengan melingkar berlawanan arah jarum jam
G10	Perintah untuk memprogram data input
G15	Membatalkan perintah polar
G16	Perintah untuk koordinat polar
G17	Pemilihan pada bidang X-Y (interpolasi helikal)
G48	Untuk menurunkan ganda *offset tool*
G52	Mengatur lokal koordinat benda kerja
G69	Pembatalan sumbu koordinat
G94	Kecepatan potong mm/menit

G99	Kembali titik Reference
G18	Perintah memilih bidang Y-Z
G19	Perintah memilih bidang X-Z
G20	Perintah input menggunnakan satuan inci
M00	Pemberhentian program
M01	Program opsional berhenti
M05	Spindel berhenti
M28	Kembali ke titik reference spindel
M29	Proses menulis
M30	Mengakhiri atau reset program
M98	Panggil sub program
M99	Akhiri sub program

2.1.2. Parameter Proses Pemesinan CNC

Parameter proses pada pemesinan menentukan nilai kekasaran permukaan pada produk yang dihasilkan. (Yunus *dkk.*, 2012; Fauzi dan Sumbodo, 2021). Parameter proses adalah faktor masukkan yang dapat dikontrol pada suatu mesin yang dapat menentukan kondisi di mana pemesinan dilakukan. Kondisi pemesinan inilah yang nantinya menentukan hasil dari kinerja proses. Hasil ini diukur dengan menggunakan berbagai indikator kinerja. (Upara dan Destianto, 2019).

Beberapa parameter proses yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan produk hasil CNC milling yaitu :

a. Kecepatan Potong (Vc)

Velocity Cutting (Vc) atau Kecepatan potong merupakan kemampuan alat potong (*cutter*) dalam menyayat material/benda kerja dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang persatuan waktu ($^{m}/_{menit}$). Pada proses milling, nilai kecepatan potong atau *Velocity Cutting* ini dapat dihitung dengan persamaan berikut (Yamakikai, 2014) :

$$Vc = (\pi.d)n \quad (1)$$

Ket :

(π.d) = Keliling lingkaran

n = putaran

b. Kedalaman Pemakanan

Kedalaman pemakanan dapat ditentukan dengan selisih ketebalan benda kerja awal dengan ketebalan benda yang diinginkan. Namun, dalam proses penentuan ini diperlukan perhitungan yang mendalam terkait daya potong untuk proses penyayatan pemakanan kasar dan dilakukan proses pemakanan halus untuk finishing.

c. Putaran Spindel

Putaran spindel (n) merupakan kemampuan kecepatan putar mesin untuk melakukan proses pemotongan / pemakanan dalam satuan putaran persatuan waktu atau biasanya dikenal dengan RPM. Dalam menentukan putaran spindel, tidak terlepas dari interval kecepatan potong yang disajikan secara sistematis sebagai berikut :

$$n = \frac{Vc}{\pi.\mathrm{d}}$$

2.2. Kampas Rem

Kampas rem merupakan salah satu komponen yang berfungsi mengurangi kecepatan atau bahkan menghentikan kendaraan sehingga menjadi bagian terpenting dalam hal keselamatan. Oleh karena itu, kampas rem yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik dan sesuai standar. Kekasaran permukaan kampas rem juga memiliki nilai standar, dari dua merek kampas rem yang berbeda memiliki nilai kekasaran yang berbeda juga. Kampas rem original dari Yamaha memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) 23,75 µ, sedangkan kampas rem original dari Honda memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) 25,65 µ, dan kampas rem dari Federal memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) 20,4 µ. Maka kampas rem yang digunakan harus mememiliki kualitas dan standar yang disajikan pada Tabel gambar 2.1.

Gambar 2. 1 Standar Kampas Rem (Hanun *dkk.*, 2018)

No	Standar	Nilai
1	Kekerasan	68 – 105 BHN
2	Ketahanan Panas	360 Derajat Celcius
3	Keausan	$5x10^{-4} – 5x10^{-3}$ mm^2/Kg
4	Koefisien Gesek	0.14 – 0.27
5	Massa Jenis	1.5 – 2.4 g/cm^3
6	Konduktivitas Termal	0.12 – 0.8 W.m.K
7	Tekanan Spesifik	0.17 – 0.98 J/gC
8	Kekuatan Geser	1300 – 3500 N/cm^2
9	Kekuatan Perpatahan	480 – 1500 N/cm^2

2.3. Material Baja Karbon S50C

Material Baja Karbon S50C merupakan baja karbon yang memiliki kualitas tinggi dengan kandungan karbon sekitar 0,47% hingga 0,53% sehingga memiliki kemampuan mesin yang sangat baik, kekuatan tinggi, dan ketahanan aus yang baik, hal inilah yang menyebabkan Baja Karbon S50C menjadi populer di industri manufaktur. (Masmiati *dkk.*, 2016).

Keunggulan dari material S50C ini yaitu kemampuan mesinnya yang sangat tinggi serta ketahanannya terhadap abrasi dan keausan dalam jangka waktu yang lama. Dengan kemampuan mesin yang tinggi, material ini dapat dengan

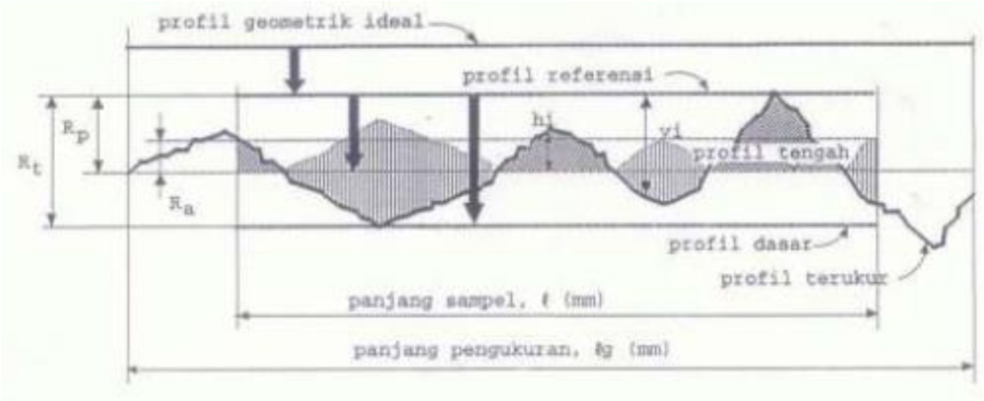
mudah dikerjakan menggunakan berbagai metode pengerjaan, seperti pembubutan, frais, dan pengeboran. Dengan karakteristik yang dimiliki material S50C inilah yang menyebabkan material ini cocok digunakan dalam aplikasi seperti alat pemotong, roda gigi, dan cetakan. Selain itu, material S50C ini juga sering digunakan untuk membuat komponen otomotif seperti poros engkol, roda gigi, dan sebagainya. Kekuatan dan ketahanan ausnya yang tinggi membuatnya cocok untuk menahan kondisi aplikasi otomotif yang keras.

2.4. Kekasaran Permukaan

Secara sederhana, kekasaran permukaan dapat didefinisikan ketidakteraturan atau ketidakrataan permukaan karena penyimpangan karakteristik permukaan berupa goresan atau guratan dan terlihat pada profil permukaan. Pennyimpangan aritmtika merupakan salah satu parameter yang dipakai dalam mengukur tingkat kekasaran suatu permukaan. (Cahyo *dkk.*, 2021). Kondisi ini disebabkan oleh berbagai macam faktor, seperti parameter proses yang digunakan, spesifikasi pahat yang digunakan, cacat yang terdapat pada material, serta cacat pada aliran chips. Kekasaran permukaan merupakan salah satu tolak ukur kualitas produk yang dihasilkan.(Sugiantoro *dkk.*, 2014; Suseno, 2016).

Cara mengukur tingkat kekasaran pada permukaan produk dapat menggunakan alat ukur kekasaran permukaan. Alat ukur tersebut dilengkapi dengan *stylus* yang diatur sehingga pada posisi stabil dan tegak lurus dengan permukaan benda yang akan diukur. Setelah *stylus* stabil, pengujian dapat dimulai.

Contoh dari hasil pengujian disajikan pada Gambar 2.1. Berdasarkan ilustrasi pada gambar tersebut, posisi profil panjang sampel mengilustrasikan parameter permukaan yang terkait dengan dimensi vertikal dan lateral. Diketahui beberapa parameter dalam arah vertikal (Hadimi, 2008):



Gambar 2.2 Posisi Profil (Hadimi, 2008)

a) *Roughness Total* (Rt) merupakan jarak profil referensi hingga profil dasar.

b) Kekasaran Perataan (Rp) merupakan jarak rata-rata dari profil referensi dan profil yang diukur.

c) Kekasaran rata-rata kuadratik (Rg) adalah akar dari jarak kuadrad rata-rata antara profil yang diuukur dan profil tengah.

d) Kekasaran rata-rata arifmatik (Ra) merupakan rata-rata arifmatik dari nilai absout jarak dari profil yang diukur dan profil tengah.

e) Kekasaran total rata-rata (Rz) merupakan jarak antara profil dasar ke profil yang diukur terhadap lima puncak tertinggi yang dikurangi jarak rata-rata profil dasar ke profil yang diukur pada lima titik terendah.

Kekasaran rata-rata arifmatik (Ra) paling tinggi yang diizinkan ditunjukkan dengan lambang segitiga. Penentuan satuan disesuaikan dengan satuan panjang (metriks atau inci) yang digunakan pada gambar teknik. Sedangkan nilai minimum kekasaran rata-rata arifmatik dituliskan dibawah angka kekasaran maksimum. Adapun profil kekasaran permukaan yang mengikuti (Rochim, 2001) :

1. Profil Geometris Yang Ideal

   Profil geometris yang ideal terdiri dari garis lurus, lingkaran, dan kurva. Profil ini adalah profil permukaan yang benar.

2. Profil Referensi

   Profil referensi ini digunakan untuk menganalisis sifat permukaan. Bentuk profil sesuai dengan profil geometris yang ideal, namun profil referensi ini mengacu pada luas linier sampel yang diukur dalam profil.

3. Profil Yang Dinilai

   Profil ini dihasilkan oleh permukaan yang menjalankan prosedur pengukuran.

4. Profil Dasar

   Profil ini merupakan posisi terendah dari profil yang diukur.

5. Profil Tengah

   Agar luas total bagian puncak dan lembah profil tengah hingga profil yang diukur sama, profil tengah ini merupakan titik tengah dari lembah dan puncak.

2.5. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah prosedur ilmah yang digunakan dalam memperoleh data untuk tujuan tertentu. Di dunia manufaktur, hal yang perlu diperhatikan adalah kualitas produk. Oleh karena itu, optimalisasi terhadap hasil harus terus dikembangkan, salah satunya yaitu terhadap parameter pemesinan yang digunakan. Ada berbagai jenis metode penelitian yang digunakan, contohnya seperti metode Taguchi dan ANOVA.

2.4.1. Metode Taguchi

Metode Taguchi dikenalkan pada abad 19 tepatnya pada tahun 1949 oleh Dr. Genichi Taguchi. Metode ini ditemukannya saat ia ditugaskan memperbaiki sistem peralatan telekomunikasi Jepang. Metode Taguchi adalah strategi meningkatan kualitas offline yang berfokus pada proses sistematis dan peningkatan produk. Metode ini juga menyajikan desain penelitian untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi karakteristik kualitas dengan merekayasa dan meningkatkan kualitas dengan cara yang membatasi variasi produk.(Haumahu dan Wuryandari, 2011).

Penggunaan metode Taguchi memberikan beberapa manfaat yang menjadi nilai tambah dalam perihal penelitian dan pengembangan, manfaat tersebut antara lain (Soejanto, 2009) :

a) Hasil dari penelitian ini dapat diandalkan dan konsisten dalam batas yang telah ditentukan
b) Dengan sistem penelitian yang mencakup berbagai macam variabel dan kuantitas, metode ini lebih efisien.
c) Hasil dari metode ini merupakan respon yang optimal dari parameter yang digunakan.

Namun, selain memiliki manfaat, metode ini memiliki kelemahan yaitu struktur desain yang rumit sehingga memerlukan pertimbangan yang cermat ketika memilih desain eksperimental dan diharuskan untuk dilakukan berdasarkan pada tujuan penelitian.

2.4.2. Langkah Metode Taguchi

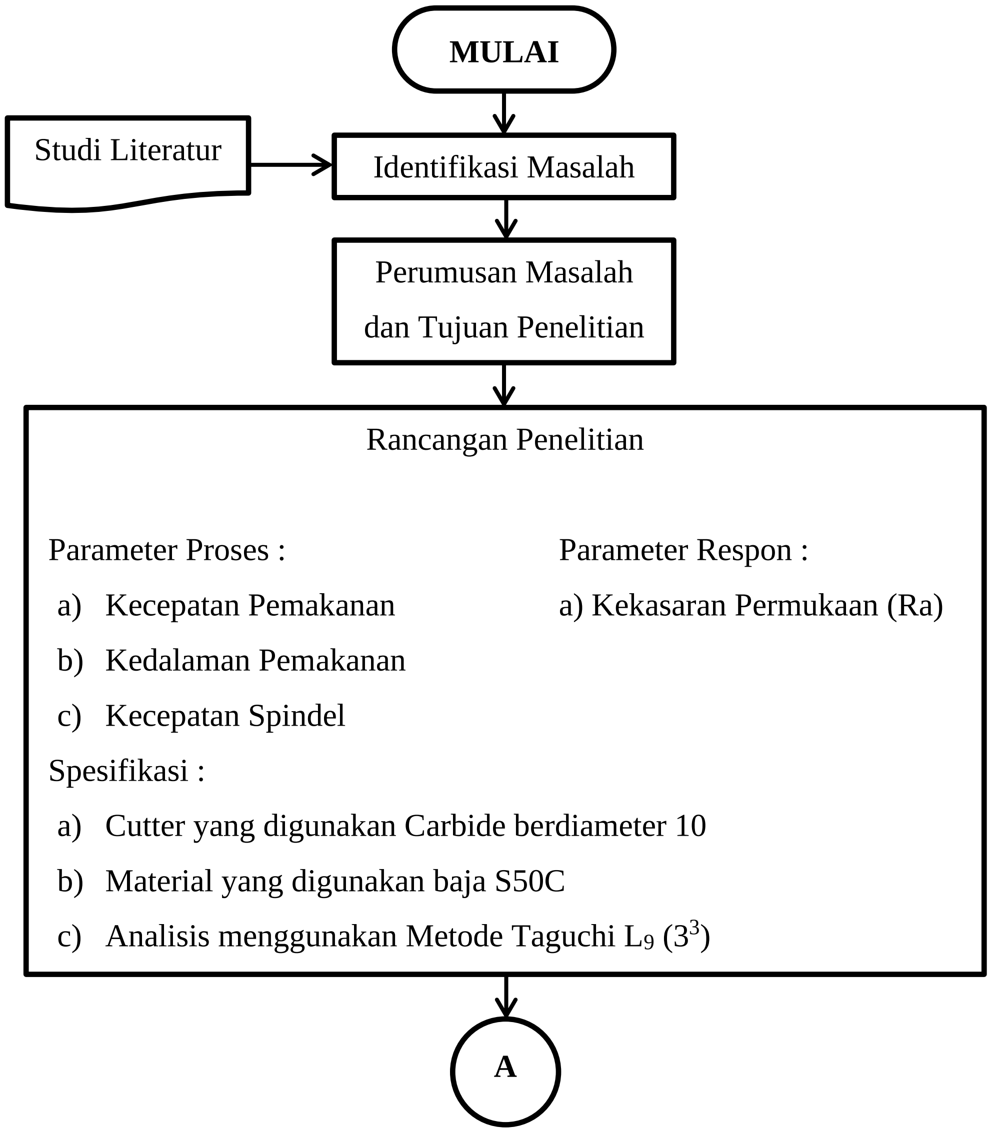
Dalam menggunakan metode Taguchi, ada beberapa prosedur yang dilakukan untuk penelitian atau uji coba, antara lain :

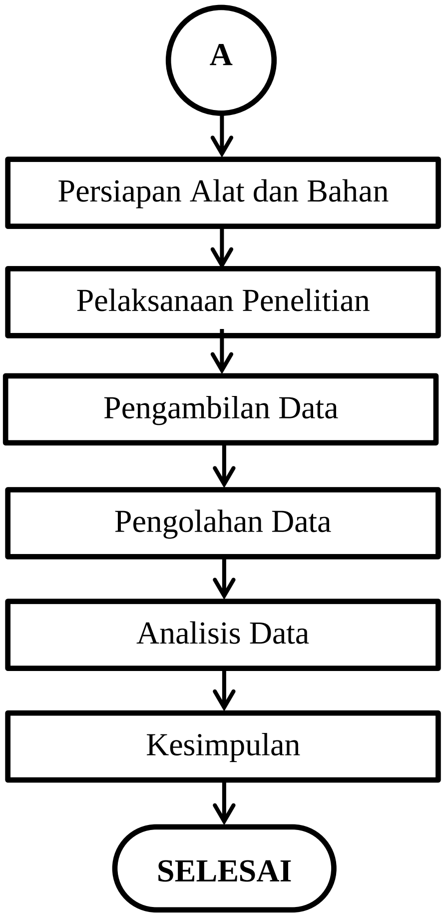
1. tetapkan tujuan dari proses atau tepatnya adalah nilai target sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap kinerja dari proses tersebut.
2. Menentukan parameter desainyang memengaruhi proses.
3. membuat susunan matrik ortogonal yang merepresentasikan kuantitas dan keadaa setiap percobaan.
4. Menghubungkan uji coba yang telah selesai untuk mengumpulkan informasi dari evaluasi kinerja
5. melakukan analisis terhadap data yang didapatkan untuk memastikan berbagai parameter pengukuran kinerja.

BAB III
METODE PELAKSANAAN

3.1. Alur Penelitian

Alur penelitian digunakan untuk menggambarkan tahapan yang akan dilakukan selama penelitian dilakukan sehingga pelaksanaan penelitian dapat terarah dengan baik, tahapan tersebut dituangkan dalam diagram alir yang disajikan pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2. Identifikasi Masalah

Langkah awal yang dilakukan yaitu mengidentifikasi masalah. Langkah ini merupakan proses untuk menentukan permasalahan yang diangkat. Permasalahan tersebut didasari berdasarkan data-data yang didapatkan dari studi literatur.

Studi literatur merupakan langkah untuk mencari dan mengumpulkan data-data atau informasi yang menduung dari berbagai sumber seperti artikel, jurnal, buku, dokumen, internet, dan sebagainya. Hal ini bertujuan untuk menambah data dan informasi yang diperlukan selama penelitian dilaksanakan sehingga memperkuat argumentasi terkait masalah yang dihadapi.

3.3. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Perumusan masalah adalah langkah selanjutnya dimana rumusan masalah ini harus jelas sehingga tujuan dari dilaksanakan penelitian ini juga dapat terarah dengan jelas dan tepat. Perumusan masalah ini dapat membantu dalam mencari solusi untuk permasalahan yang akan diangkat. Pada penelitian ini, masalah yang akan diangkat adalah Optimalisasi Parameter Proses Mesin CNC Milling sehingga dapat membuat produk cetakan kampas rem dengan kekasaran permukaan yang optimal.

3.4. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan kerangka dasar dalam penelitian yang dilakukan. Berdasarkan hasil studi literatur yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kekasaran permukaan pada produk CNC milling menjadi hal yang penting. Kekasaran permukaan tersebut mungkin dapat disebabkan oleh kombinasi parameter yang tidak sesuai. Maka dari itu, pada penelitian ini akan dilakukan optimalisasi dengan menggunakan parameter kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan kecepatan spindel sebagai Variabel Bebas. Variabel bebas merupakan variabel yang memberikan pengaruh terhadap variabel terikat. Variabel terikat merupakan variabel yang faktornya dilihat untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikat yang digunakan adalah Kekasaran permukaan.

Selain itu, ada juga variabel lainnya seperti variabel kontrol, dimana variabel ini merupakan variabel yang tidak berubah tiap kali penelitian dilakukan (konstan). Pada penelitian ini variabel konstan yang dimaksud berupa material yang digunakan yaitu baja S50C dan cutter *Endmill Carbide* berdiameter 10 mm.

Terakhir, variabel Gangguan, variabel ini merupakan variabel yang dapat mempengaruhi variabel terikat dan tidak dapat dikendalikan. Variabel ini merupakan permasalahan yang dihadapi dalam mendapatkan hasil yang valid. Dalam penelitian ini, variabel gangguan berupa area pengukuran kekasaran permukaan benda yang akan diuji, maka dari itu variabel gangguan ini tidak

termasuk dalam rancangan penelitian. Namun, untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakuan replikasi benda uji untuk meminimalisir hasil yang tidak valid.

3.4.1. Variabel Bebas

Variabel bebas ditentukan berdasarkan data manual mesin dengan cutter *Endmill Carbide* berdiameter 10mm dan material baja S50C. Variabel bebas yang digunakan disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Parameter Variabel Bebas

Variabel Bebas	Satuan	Level		
		1	2	3
(A) Kecepatan Pemakanan	mm/menit	100	105	110
(B) Kedalaman Pemakanan	mm	0,2	0,4	0,6
(C) Kecepatan Spindel	RPM	3184	3343	3503

3.4.2. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu matriks ortogonal 3^3 berdasarkan metode Taguchi L_9 dengan rancangan acak. Berdasarkan Tabel 3.1., maka rancangan penyusunan perlakukan variabel bebas untuk tiap spesimen dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Desain Eksperimen

Nomor Spesimen	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel	Nilai Kekasaran Permukaan
1	100	0.2	3184	
2	100	0.4	3343	
3	100	0.6	3503	
4	105	0.2	3343	
5	105	0.4	3503	
6	105	0.6	3184	

7	110	0.2	3503
8	110	0.4	3184
9	110	0.6	3343

3.5. Persiapan Alat dan Bahan

Setelah perencanaan penelitian siap, maka selanjutnya yaitu menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian.

3.5.1. Alat

a) Mesin CNC Milling

Pada penelitian ini, mesin CNC Milling yang digunakan adalah Lagun MV-40m seperti pada Gambar 3.2..

Gambar 3. 2 Lagun MV-40m

b) Alat Uji Kekasaran Permukaan

Alat uji yang digunakan adalah *surface roughness tester* Mitutoyo seperti pada Gambar 3.3.

Gambar 3. 3 alat Uji Kekasaran Permukaan Mitutoyo

c) Holder Cutter Endmill diameter 10mm

   Alat ini berfungsi sebagai dudukan mata potong cutter sehingga dapat melakukan proses pemotongan seperti yang disajikan pada Gambar 3.4.

Gambar 3. 4 Holder Cutter

3.5.2. Bahan

a) Material Baja S50C

Material ini akan dijadikan sampel percobaan yang nantinya akan diproses menggunakan parameter yang suah ditentukan. Material tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Gambar 3. 5 Material S50C

b) Insert Carbide diameter 10mm

Mata potong yang digunakan berbahan Carbide dengan ketentuan masing-masing sampel menggunakan mata potong baru. Mata potong tersebut ditampilkan pada Gambar 3.6.

Gambar 3. 6 Insert Carbide

3.6. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Gambar 3. 7 Proses Pelaksanaan Penelitian

Setelah alat dan bahan siap, maka selanjutnya tahap pelaksanaan penelitian untuk memproses bahan material untuk dijadikan sampel, oleh karena itu berikut langkah yang dilakukan :

a) Memotong material sesuai ukuran yang akan digunakan untuk sampel
b) Membuat program CNC berdasarkan material sampel yang akan diproses dengan parameter yang sudah ditentukan, lalu memasukkannya kedalam mesin CNC.
c) Memasang cutter pada mesin CNC yang akan digunakan
d) Melakukan proses pemesinan terhadap benda kerja sesuai parameter yang sudah ditentukan

3.7. Pengambilan Data

Setelah semua spesimen/sampel selesai diproses, maka langkah selanjutnya adalah pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan oleh proses pemesinan. Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.3..

Kekasaran rerata dihitung dari rata-rata nilai absolutjarak profil yangdiukur dnegan profil pusat. Dalam perhitungan Ra, area lembah atau dibawah pusat diproyeksikan keatas dan dirata-ratakan dengan area diatas profil tengah. Hasil pengujian tersebut kemudian diisi pada Tabel 3.2. dengan 3 Replikasi.

3.8. Analisis Data

Setelah data hasil pengujian didapatkan, pada bagian ini dilakukan perhitungan dan penyajian data dalam tata letak sesuai dengan desain penelitian yang telah ditentukan. Analisis data ini menggunakan metode Taguchi dan ANOVA.

3.9. Kesimpulan

Bagian ini merupakan tahap terakhir dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan diambil berdasarkan analisis data yang dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini.

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1. Pengambilan Data Pengujian

Setelah sampel dilakukan proses pemesinan CNC Milling menggunakan parameter yang telah ditentukan, maka selanjutnya adalah mengukur kekasaran permukaan dari hasil proses pemesinan tersebut. Pengukuran tersebut dilakukan menggunakan *Roughness Tester Mitutoyo* dengan permukaan yang diproses pada sampel dengan 3 titik yang berbeda. Berdasarkan desain penelitian yang digunakan $L_9(3^3)$, hasil dari pengukuran yang didapatkan disajikan pada Tabel 4.1. yang kemudian hasil dari masing-masing variasi tersebut dirata-ratakan seperti yang disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian

No Spesimen	Faktor			Hasil	Replikasi		Mean
	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel		1	2	
1	100	0.2	3184	0.289	0.314	0.303	0.302
2	100	0.4	3343	0.302	0.313	0.324	0.313
3	100	0.6	3503	0.479	0.467	0.494	0.480
4	105	0.2	3343	0.368	0.391	0.324	0.361
5	105	0.4	3503	0.48	0.468	0.525	0.491
6	105	0.6	3184	0.38	0.413	0.407	0.400
7	110	0.2	3503	0.491	0.468	0.445	0.468
8	110	0.4	3184	0.511	0.537	0.485	0.511
9	110	0.6	3343	0.521	0.544	0.546	0.537

4.2. Pengolahan Data Taguchi

Sesuai dengan rancangan penelitian, proses pengolahan data dilakukan menggunakan metode taguchi dengan matriks ortogonal $L_9(3^3)$. Dengan begitu, dilakukan perhitungan *Signal to Noise Ratioi* yang dihasilkan oleh masing-masing spesimen dengan 3 replikasi. Setelah itu metode Taguchi menggunakan ANOVA (analisis varian) untuk memperkirakan nilai rasio S/N untuk mengidentifikasikan kombinasi parameter proses yang akan menghasilkan performa yang kokoh sehingga dapat juga untuk menentukan hasil kondisi dari yang optimal.

4.2.1. Perhitungan S/N Rasio

Saat menentukan rasio S/N, semakin kecil kekasaran permukaan, semakin baik kualitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, rasio S/N yang digunakan adalah Rasio signal-to-noise "lebih rendah lebih baik" atau "*Smaller is Better*". Rasio S/N tersebut merupakan kriteria untuk memilih karakteristik kualitas yang diinginkan, dan nilainya adalah 0. Perhitungan rasio signal-to-noise digunakan untuk memilih faktor-faktor yang mempengaruhi pengurangan respon kekasaran permukaan sampel dan mengubah data yang diubah menjadi nilai yang mengukur variasi yang terjadi. Tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan rasio S/N untuk masing-masing sampel. Sekarang perhitungannya terlihat seperti ini:

1. Spesimen 1

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

   S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.289^2+0.314^2+0.303^2}{3}\right)$

   S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.091)$

   S/N Rasio = 10.395

2. Spesimen 2

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

   S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.302^2+0.313^2+0.324^2}{3}\right)$

S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.098)$

S/N Rasio = 10.086

3. Spesimen 3

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

S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.479^2+0.467^2+0.494^2}{3}\right)$

S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.231)$

S/N Rasio = 6.373

4. Spesimen 4

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

S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.368^2+0.391^2+0.324^2}{3}\right)$

S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.131)$

S/N Rasio = 8.824

5. Spesimen 5

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

S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.480^2+0.468^2+0.525^2}{3}\right)$

S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.242)$

S/N Rasio = 6.168

6. Spesimen 6

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

S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.380^2+0.413^2+0.407^2}{3}\right)$

S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.160)$

S/N Rasio = 7.953

7. Spesimen 7

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

S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.491^2+0.468^2+0.445^2}{3}\right)$

S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.219)$

S/N Rasio = 6.588

8. Spesimen 8

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

S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.511^2+0.537^2+0.546^2}{3}\right)$

S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.262)$

S/N Rasio = 5.824

9. Spesimen 9

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

S/N Rasio = $-\ 10\ log\left(\frac{0.521^2+0.544^2+0.546^2}{3}\right)$

S/N Rasio = $-\ 10\ log(0.288)$

S/N Rasio = 5.399

Tabel 4. 2 S/N Rasio Kekasaran permukaan

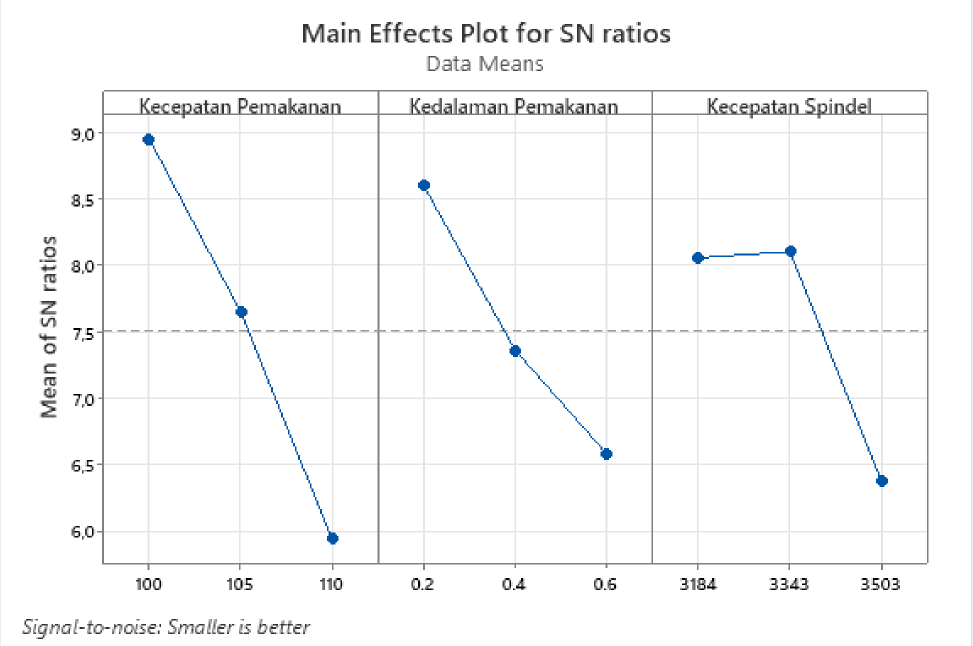
No Spesimen	Faktor			Rata-rata	S/N Rasio
	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel		
1	100	0.2	3184	0.302	10.395
2	100	0.4	3343	0.313	10.086
3	100	0.6	3503	0.480	6.373
4	105	0.2	3343	0.361	8.824
5	105	0.4	3503	0.491	6.168
6	105	0.6	3184	0.400	7.953
7	110	0.2	3503	0.468	6.588

8	110	0.4	3184	0.511	5.824
9	110	0.6	3343	0.537	5.399

	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	SNRA1	MEAN1
1	100	0.2	3184	0,289	0,314	0,303	10,3949	0,302
2	100	0.4	3343	0,302	0,313	0,324	10,0855	0,313
3	100	0.6	3503	0,479	0,467	0,494	6,3729	0,480
4	105	0.2	3343	0,368	0,391	0,324	8,8242	0,361
5	105	0.4	3503	0,480	0,468	0,525	6,1675	0,491
6	105	0.6	3184	0,380	0,413	0,407	7,9532	0,400
7	110	0.2	3503	0,491	0,468	0,445	6,5881	0,468
8	110	0.4	3184	0,511	0,537	0,485	5,8241	0,511
9	110	0.6	3343	0,521	0,544	0,546	5,3986	0,537

Gambar 4. 1 Hasil Perangkat Lunak Pengolah Data

Berdasarkan S/N Rasio yang dihasilkan oleh masing-masing spesimen, maka dapat dirata-ratakan dan menghasilkan *Main effect plot* seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 *Main Effect Plot* S/N Rasio

Menurut grafik yang disajikann pada Gambar 4.2., dapat disimpulkan bahwa tingkat kekasaran permukaan berbanding lurus dengan kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan yang digunakan, semakin besar kecepatan den kedalaman pemakanan, maka semakin besar *Signal to Noise* yang ditimbulkan.

4.2.2. Penentuan Respon yang dihasilkan

Setelah nilai S/N Rasio didapatkan, maka tahap berikutnya adalah menentukan tingkat respon parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan berdasarkan S/N Rasio tersebut. Perhitungan itu didapatkan dari rata-rata nilai yang dihasilkan parameter per level, seperti berikut :

1. A1 (Parameter A Level 1)

   $A1 = \frac{10.395+10.086+6.373}{3}$

   A1 = 8.951

2. A2

   $A2 = \frac{8.824+6.168+7.953}{3}$

   A2 = 7.648

3. A3

   $A3 = \frac{6.588+5.824+5.399}{3}$

   A3 = 5.937

4. B1

   $B1 = \frac{10.395+8.824+6.588}{3}$

   B1 = 8.602

5. B2

$B2 = \frac{10.086+6.168+5.824}{3}$

B2 = 7.359

6. B3

$B3 = \frac{6.373+7.953+5.399}{3}$

B3 = 6.575

7. C1

$C1 = \frac{10.395+7.953+5.824}{3}$

C1 = 8.057

8. C2

$C2 = \frac{10.086+8.824+5.399}{3}$

C2 = 8.103

9. C3

$C3 = \frac{6.373+6.168+6.588}{3}$

C3 = 6.376

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka didapatkan tabel respon yang disajikan pada Tabel 4.4. Nilai Delta merupakan selisih antara nilai terbesar dan nilai terkecil pada masing-masing parameter. Sedangkan Rank merupakan urutan parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.

Tabel 4. 3 Tabel Respon S/N Rasio

Level	Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Putaran Spindel
1	8.951	8.602	8.057
2	7.648	7.359	8.103

3	5.937	6.575	6.376
Delta	3.014	2.027	1.727
Rank	1	2	3

Dari Tabel 4.4 dapat diambil kesimpulan bahwa parameter yang paling berpengaruh adalah Kecepatan pemakanan, kemudian kedalaman pemakanan dan yang terakhir adalah putaran spindel. Kombinasi parameter yang paling optimal pada kecepatan pemakanan 100, kedalaman pemakanan 0.2 mm, dan putaran spindel 3343 RPM.

4.3. Analisis Of Varian (ANOVA)

ANOVA digunakan untuk memeriksa variabilitas dalam kelompok serta variabilitas anatar kelombok dengan diberikan uji f. ANOVA dapat diartikan sebagai pengujian hipotesis untuk membandingkan rerata dari dua kelompok atau lebih adalah sama atau tidak dengan menggunakan hipotesis 0.

4.3.1. Derajat Kebebasan (DOF)

Langkah yang perlu dilakukan dalam ANOVA salah satunya adalah menentukan Derajat Kebebasan yang dimiliki masing-masing faktor. Perhitungan derajat kebebasan tersebut seperti berikut :

1. DOF Faktor A

   $V_A = 3 – 1 = 2$

2. DOF Faktor B

   $V_A = 3 – 1 = 2$

3. DOF Faktor C

   $V_A = 3 – 1 = 2$

4. DOF Total

$V_T = 9 - 1 = 8$

5. DOF Error

   $V_E = 8 - 2 - 2 - 2 = 2$

4.3.2. Jumlah Kuadrat (*Sum Of Square*)

Setelah DOF diketahui, maka selanjutnya adalah menghitung Jumlah Kuadrat dari nilai masing-masing parameter. Perhitungan tersebut sebagai berikut :

1. SS_A

   $SS_A = \frac{A1^2}{nA1} + \frac{A2^2}{nA2} + \frac{A3^2}{nA3} - \frac{T^2}{N}$

   $SS_A = \frac{(10.395+10.086+6.373)^2}{3} + \frac{(8.824+6.168+7.953)^2}{3} + \frac{(6.588+5.824+5.399)^2}{3} - \frac{67.609^2}{9}$

   $SS_A = 240.37 + 175.49 + 105.74 - 507.886$

   $SS_A = 13.711$

2. SS_B

   $SS_B = \frac{B1^2}{nB1} + \frac{B2^2}{nB2} + \frac{B3^2}{nB3} - \frac{T^2}{N}$

   $SS_B = \frac{(10.395+8.824+6.588)^2}{3} + \frac{(10.086+6.168+5.824)^2}{3} + \frac{(6.373+7.953+5.399)^2}{3} - \frac{67.609^2}{9}$

   $SS_A = 222 + 162.47 + 129.69 - 507.886$

   $SS_A = 6.272$

3. SS_C

   $SS_C = \frac{C1^2}{nC1} + \frac{C2^2}{nC2} + \frac{C3^2}{nC3} - \frac{T^2}{N}$

   $SS_C = \frac{(10.395+7.953+5.824)^2}{3} + \frac{(10.086+8.824+5.399)^2}{3} + \frac{(6.373+6.168+6.588)^2}{3} - \frac{67.609^2}{9}$

$SS_C = 194.76 + 196.96 + 121.97 - 507.886$

$SS_C = 5.81$

4. SS_E

   $SS_E = SS_T' - S_m - SS_{faktor}$

   a) $SS_T' = \sum y^2$

      $SS_T' = (10.395^2 + 10.086^2 + 6.373^2 + 8.824^2 + 6.168^2 + 7.953^2 + 6.588^2 + 5.824^2 + 5.399^2)$

      $SS_T' = 536.011$

   b) $S_m = N \times \bar{y}^2$

      $S_m = 9 \times \frac{(10.395+10.086+6.373+8.824+6.168+7.953+6.588+5.824+5.399)^2}{9}$

      $S_m = 507.886$

   c) $SS_{faktor} = SS_A + SS_B + SS_C$

      $SS_{faktor} = 13.71 + 6.27 + 5.81$

      $SS_{faktor} = 25.79$

   Maka,

   $SS_E = 536.011 - 507.886 - 25.79$

   $SS_E = 2.332$

5. SS_T

   $SS_T = SS_A + SS_B + SS_C + SS_E$

   $SS_T = 13.711 + 6.272 + 5.81 + 2.332$

   $SS_T = 28.125$

4.3.3. Rerata Kuadrat (*Mean Square*)

Langkah selanjutnya adalah menentukan rerata kuadrat dari S/N Rasio yang dihasilkan.

1. MS_A

   $MS_A = \frac{SS_A}{DOF_A}$

   $MS_A = \frac{13.711}{2}$

   $MS_A = 6.856$

2. MS_B

   $MS_B = \frac{SS_B}{DOF_B}$

   $MS_B = \frac{6.272}{2}$

   $MS_B = 3.136$

3. MS_C

   $MS_C = \frac{SS_C}{DOF_C}$

   $MS_C = \frac{5.810}{2}$

   $MS_C = 2.905$

4. MS_E

   $MS_E = \frac{SS_E}{DOF_E}$

   $MS_E = \frac{2.332}{2}$

   $MS_E = 1.166$

4.3.4. Analisis

Langkah terakhir yaitu menghitung Frasio yang dihasilkan oleh S/N Rasio, perhitungan tersebut sebagai berikut.

1. Parameter A (Kecepatan Pemakanan)

   $F_A = \frac{MS_A}{MS_E}$

   $F_A = \frac{6.856}{1.166}$

   $F_A = 5.879$

2. Parameter B (Kedalaman Pemakanan)

$F_B = \frac{MS_B}{MS_E}$

$F_B = \frac{3.136}{1.166}$

$F_B = 2.689$

3. Parameter C (Kecepatan Spindel)

$F_C = \frac{MS_C}{MS_E}$

$F_C = \frac{2.905}{1.166}$

$F_C = 2.491$

Setelah mendapatkan komponen yang dibutuhkan dalam analisis of varian, maka komponen tersebut disusun dalam Tabel ANOVA seperti pada Tabel 4.5.. Nilai F rasio yang didapatkan kemudian akan dibandingkan dengan nilai Ftabel sesuai dengan derajat kebebasan dan *probability* yang digunakan untuk menyimpulkan hipotesis yang digunakan, dimana hipotesis tersebut sebagai berikut :

H0 = Setiap level pada parameter tidak berpengaruh terhadap respon

Taraf Signifikasi yang digunakan sebesar 5% dengan derajat kebebasan masing-masing parameter sebesar 2.

Tabel 4. 4 ANOVA S/N Rasio

Faktor	DOF	SS	MS	Frasio	Ftabel	Kesimpulan
Kecepatan Pemakanan	2	13.71	6.856	5.879	0.05	H0 Ditolak
Kedalaman Pemakanan	2	6.27	3.136	2.689	0.05	H0 Ditolak
Kecepatan Spindel	2	5.81	2.905	2.491	0.05	H0 Ditolak
Error	2	2.33	1.166			
Total	8	28.12				

Berdasarkan Tabel 4.5. dapat disimpulkan bahwa ketiga parameter yang digunakan berpengaruh terhadap respon yang diambil.

4.3.5. Persentase Kontribusi

Ketiga parameter yang digunakan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan. Sama halnya dengan metode taguchi, selanjutnya akan dihitung persentase parameter yang paling berpengaruh. Hasil dari perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.6.

1. Persentase Kontribusi Parameter Kecepatan Pemakanan

   $P_A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\%$

   $P_A = \frac{(SS_A - MS_E \times V_A)}{SS_T} \times 100\%$

   $P_A = \frac{(13.711 - 1.166 \times 2)}{28.125} \times 100\%$

   $P_A = \frac{11.379}{28.125} \times 100\%$

   $P_A = 40.46\%$

2. Persentase Kontribusi Parameter Kedalaman Pemakanan

   $P_B = \frac{SS'_B}{SS_T} \times 100\%$

   $P_B = \frac{(SS_B - MS_E \times V_B)}{SS_T} \times 100\%$

$P_B = \frac{(6.272 - 1.166 \times 2)}{28.125} \times 100\%$

$P_B = \frac{3.939}{28.125} \times 100\%$

$P_B = 14.01\%$

3. Persentase Kontribusi Parameter Kecepatan Spindel

   $P_C = \frac{SS'_C}{SS_T} \times 100\%$

   $P_C = \frac{(SS_C - MS_E \times V_C)}{SS_T} \times 100\%$

   $P_C = \frac{(5.810 - 1.166 \times 2)}{28.125} \times 100\%$

   $P_C = \frac{3.477}{28.125} \times 100\%$

   $P_C = 12.36\%$

Tabel 4. 5 Persentase Kontribusi

Faktor	SS'	p%
A	11.379	40.46%
B	3.939	14.01%
C	3.477	12.36%

Dapat disimpulkan bahwa metode taguchi dan ANOVA memiliki kesimpulan yang sama dimana urutan kontribusi pertama pada parameter A (Kecepatan Pemakanan) sebesar 40.46%, yang kedua parameter B (Kedalaman Pemakanan) sebesar 14.01%, dan yang terakhir parameter C (Kecepatan Spindel) sebesar 12.36%.

4.4. Prediksi Menggunakan Parameter Optimasi

Berdasarkan hasil analisis Taguchi pada Tabel 4.4., dimana kombinasi Parameter proses untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang paling optimal adalah dengan kecepatan pemakanan 100, kedalaman pemakanan 0.2 milimeter, dan putaran spindel sebesar 3343 RPM. Dengan bantuan perangkat lunak analisis,

maka didapatkan hasil rata-rata kekasaran permukaan sebesar 0,287 seperti pada Gambar 4.3.

Prediction

S/N Ratio	Mean	StDev	Ln(StDev)
10,6320	0,287222	0,0148289	-4,33764

Settings

Kecepatan Pemakanan	Kedalaman Pemakanan	Kecepatan Spindel
100	0.2	3343

Gambar 4.3 Prediksi Parameter Optimal

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian “Optimalisasi Parameter Proses Mesin CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Yang Akan Digunakan Untuk Membuat Cetakan Kampas Rem Depan” yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Parameter proses yang digunakan terbukti sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan produk yang dihasilkan. Semakin tinggi kedalaman pemakanan maka semakin tinggi kekasaran permukaan yang dihasilkan. Sementara semakin tinggi kecepatan pemakanan tidak selalu mencerminkan hasil dari kekasaran permukaan yang tinggi.
2. Parameter proses yang digunakan belum bisa menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang di harapkan dari cetakan kampas rem. Nilai kekasaran masih jauh dari nilai kekasaran permukaan kampas rem yang saat ini beredar di pasaran.

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian ini, maka ada terdapat saran untuk penelitian yang akan dilakukan kedepannya berdasarkan penelitian ini seperti :

1. Berdasarkan penelitian optimalisasi ini maka dapat dilakukan penelitian terkait pembuatan cetakan kampas rem sehingga penelitian ini dapat diaplikasikan langsung.
2. Melakukan penelitian serupa dengan respon yang berbeda, sehingga kombiansi dari tiap penelitian dapat menghasilkan produk yang berkualitas.

DAFTAR PUSTAKA

Adiningtiah, T.R. *dkk.* (2022) "Pengaruh Bahan Baku Dan Proses Pembuatan Terhadap Kualitas Produk Pastry Di Sotis Hotel Kupang," *... Wisata (Jurnal Tesla),* 2(2), hal. 31–43. Tersedia pada: https://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jt/article/view/8437.

Asep, M. (2022) "Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Timah," *Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung : Bangka Belitung* [Preprint].

Barasa, F. *dkk.* (2014) "Kaji Pembuatan Kampas Rem Motor Bahan Komposit Dengan Filler Palm Slag," 3(3), hal. 63–77.

Bimantoro, E. dan Darmanto (2022) "Analisis Pengaruh Jumlah Alur Terhadap Keausan Pada Kampas Rem," *Majalah Ilmiah Momentum,* 18, hal. 151–1555.

Cahyo, R.D. *dkk.* (2021) "Analisis Kekasaran Permukaan Baja Aisi 1045 Pada Proses Pemesinan Bubut Cnc Dengan Metode Taguchi," 2, hal. 42–48.

Dylan, A.G. *dkk.* (2023) "THE Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Silicon Carbida Dan Rice Husk Ash Dengan Metode Metalurgi Serbuk," *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 10(02), hal. 61–68. Tersedia pada: https://doi.org/10.35508/ljtmu.v10i02.13481.

Endrian, E. (2021) "Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Pada Proses Cnc Milling Baja Aisi 1045," *Jurnal Teknik Mesin* [Preprint].

Fauzi, A. dan Sumbodo, W. (2021) "Pengaruh Parameter Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan ST 40 pada Mesin Bubut CNC," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin,* 6(1), hal. 46–57. Tersedia pada: https://doi.org/10.21831/dinamika.v6i1.38114.

Feriagam, N. *dkk.* (2016) "Analisa Sumbu Z Pada Proses Kalibrasi Dan Pergerakan Mesin Cnc Router," *Repository Universitas Muhammadiyah Surakarta*, hal. 44–45.

Guna, T.A. (2024) "Pengaruh Fraksi Volume dan Suhu Sintering Matrik Aluminium Berpenguat," *Repository Polman Babel*, D.

Hadimi, H. (2008) “Pengaruh Perubahan Kecepatan Pemakananterhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan,” *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 11(1), hal. 18–28. Tersedia pada: https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/773.

Hanun, J.N. *dkk.* (2018) “Karakteristisasi Limbah Bagasse Ash Pabrik Gula sebagai Alternatif Bahan Dasar Zeolit Sintesis,” *National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, (2623), hal. 23–28.

Haumahu, P.W. dan Wuryandari, T. (2011) “Optimalisasi Produk Dengan Menggunakan Metode Perancangan Toleransi Taguchi,” *Isbn: 978-097-142-4*, 13(1), hal. 304–316.

Mahendra, A. (2022) “Analisis Pengaruh Nilai Parameter Proses Pemesinan Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Alumunium 7075,” *Repository Polman Babel* [Preprint].

Manik, J.P. (2022) “Analisa Laju Keausan Kanvas Ren Cakram Sepeda Motor Berbahan Limbah Kulit Kerang Bulu Dan Serbuk Besi Serta Resin,” *Repository Universitas HKBP NOMMESEN* [Preprint].

Masmiati, N. *dkk.* (2016) “Optimization of cutting conditions for minimum residual stress, cutting force and surface roughness in end milling of S50C medium carbon steel,” *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 86, hal. 253–265. Tersedia pada: https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.02.049.

Pratiwi, D.K. (2012) “Hubungan Jenis Cetakan Terhadap Kualitas Produk,” *SNTT*, (Snttm Xi), hal. 16–17.

Retyawan, O.N. *dkk.* (2018) “Pengaruh jenis proses pemotongan pada mesin milling terhadap getaran dan kekasaran permukaan dengan material aluminium 6061,” *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 12(1), hal. 8–13. Tersedia pada: https://doi.org/10.36289/jtmi.v12i1.63.

Rochim, T. (2001) *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas*. Bandung.

Soejanto, I. (2009) “Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi,” *Graha Ilmu* [Preprint].

Sugiantoro, B. *dkk.* (2014) “Optimasi Parameter Proses Milling Terhadap Kualitas

Hasil Permesinan Alumunium Dengan Metode Taguchi," *Jurnal TRAKSI*, 14(1), hal. 42–57.

Suseno, A. (2016) "Analisis Variasi Metode Pendinginan Milling CNC Tipe VMCL-540 Pada Kekasaran Permukaan S45C Dengan Metode Taguchi."

Sutikno *dkk.* (2011) "Pembuatan Bahan Gesek Kampas Rem otomotif," hal. 1–63.

Svahn, F. *dkk.* (2003) "The influence of surface roughness on friction and wear of machine element coatings," *Wear*, 254(11), hal. 1092–1098. Tersedia pada: https://doi.org/10.1016/S0043-1648(03)00341-7.

Upara, N. dan Destianto, D.A. (2019) "Pengaruh Parameter Proses Edm Die Sinking Terhadap Laju," 1, hal. 105–112.

Yamakikai, S. (2014) "Parameter Pemotongan Pada Proses Pengefraisan."

Yunus, M. *dkk.* (2012) "ANALISA PARAMETER KEKASARAN PERMUKAAN BAHAN ALUMUNIUM JENIS Al Mg Si 3 . 6082 DIN 1725 PADA," *Jurnal Austenit*, 4(April), hal. 33–38.

Daftar Riwayat Hidup

Informasi Pribadi

Nama	: Fadel Ramiro
NPM	1042028
Tempat Tanggal Lahir	: Kelapa, 23 Oktober 2002
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Prodi/Jurusan/Kelas	: D-IV/Teknik Mesin dan Manufaktur/4TMMB
Alamat	: Jl Raya Kelapa, RT/06 RW/03 Kecamatan Kelapa Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

Nama Orang Tua

Ayah	: Ramlan
Ibu	: Resmiati
Nomor Hp	085783514782
Email	: fadelramiro72@gmail.com
Golongan Darah	: A

Lampiran 1. Dokumentasi

1. Mesin *CNC Milling* yang digunakan

2. Jangka Sorong

3. Laboratorium Permesinan Lanjut

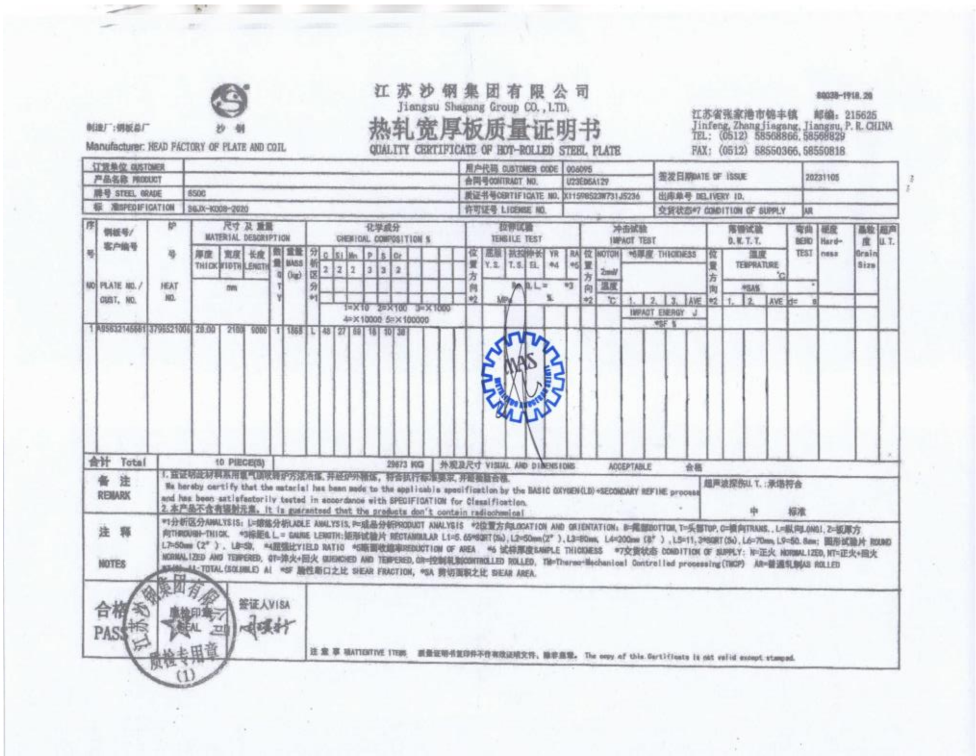
4. Proses Pembuatan sempel

5. *Input* Program ke mesin

6. Benda Uji S50C

7. Proses Pengambilan Data

8. Sertifikat Baja S50C



江苏沙钢集团有限公司
Jiangsu Shagang Group CO., LTD.
热轧宽厚板质量证明书
QUALITY CERTIFICATE OF HOT-ROLLED STEEL PLATE

制造厂:钢板总厂
Manufacturer: HEAD FACTORY OF PLATE AND COIL

江苏省张家港市锦丰镇 邮编: 215625
Jinfeng, Zhangjiagang, Jiangsu, P. R. CHINA
TEL: (0512) 58568866, 58568829
FAX: (0512) 58550366, 58550818

订货单位 CUSTOMER		用户代码 CUSTOMER CODE	006095	签发日期 DATE OF ISSUE	20231105
产品名称 PRODUCT		合同号 CONTRACT NO.	U23ED5A129		
牌号 STEEL GRADE	S50C	质证书号 CERTIFICATE NO.	X11598523W731J5236	出库单号 DELIVERY ID.	
标准 SPECIFICATION	SGJX-K008-2020	许可证号 LICENSE NO.		交货状态*7 CONDITION OF SUPPLY	AR

序号 NO	钢板号/客户编号 PLATE NO./CUST. NO.	炉号 HEAT NO.	厚度 THICK (mm)	宽度 WIDTH (mm)	长度 LENGTH (mm)	数量 QTY	重量 MASS (kg)	分析区分 *1	C ×100	Si ×100	Mn ×100	P ×1000	S ×1000	Cr ×100
1	A95632145661	3795521006	28.00	2100	9000	1	1868	L	48	27	69	16	10	38

1=×10 2=×100 3=×1000 4=×10000 5=×100000

合计 Total	10 PIECE(S)	29673 KG	外观及尺寸 VISUAL AND DIMENSIONS ACCEPTABLE 合格

备注 REMARK: 1. 兹证明该材料系用氧气顶吹转炉方法冶炼, 并经炉外精炼, 符合执行标准要求, 并经检验合格。 We hereby certify that the material has been made to the applicable specification by the BASIC OXYGEN(LD)+SECONDARY REFINE process and has been satisfactorily tested in accordance with SPECIFICATION for Classification. 2. 本产品不含有辐射元素。 It is guaranteed that the products don't contain radiochemical
超声波探伤U.T.: 承缉符合 中 标准

注释 NOTES: *1分析区分ANALYSIS: L=熔炼分析LADLE ANALYSIS, P=成品分析PRODUCT ANALYSIS *2位置方向LOCATION AND ORIENTATION: B=尾部BOTTOM, T=头部TOP, C=横向TRANS., L=纵向LONGI, Z=板厚方向THROUGH-THICK. *3标距G.L.= GAUGE LENGTH: 矩形试验片 RECTANGULAR L1=5.65*SQRT(So), L2=50mm(2"), L3=80mm, L4=200mm (8"), L5=11.3*SQRT(So), L6=70mm, L9=50.8mm; 圆形试验片 ROUND L7=50mm (2"), L8=5D. *4屈强比YIELD RATIO *5断面收缩率REDUCTION OF AREA *6 试样厚度SAMPLE THICKNESS *7交货状态 CONDITION OF SUPPLY: N=正火 NORMALIZED, NT=正火+回火 NORMALIZED AND TEMPERED, QT=淬火+回火 QUENCHED AND TEMPERED, CR=控制轧制CONTROLLED ROLLED, TM=Thermo-Mechanical Controlled processing(TMCP) AR=普通轧制AS ROLLED AT-AL: TOTAL(SOLUBLE) Al *SF 脆性断口之比 SHEAR FRACTION, *SA 剪切面积之比 SHEAR AREA.

合格 PASS 质检印章 SEAL 签证人VISA

注意事项ATTENTIVE ITEMS 质量证明书复印件不作有效证明文件, 除非盖章。 The copy of this Certificate is not valid except stamped.