

SKRIPSI

**PREDIKSI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL
BAJA S45C PADA PROSES CNC MILLING
MENGUNAKAN METODE DECISION TREE
REGRESSOR**



Oleh:

ADITYA MULYA PRATAMA

03051182025012

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

SKRIPSI

**PREDIKSI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL
BAJA S45C PADA PROSES CNC MILLING
MENGUNAKAN METODE DECISION TREE
REGRESSOR**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH

ADITYA MULYA PRATAMA

03051182025012

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

**PREDIKSI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL
BAJA S45C PADA PROSES CNC MILLING
MENGUNAKAN METODE DECISION TREE
REGRESSOR**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

ADITYA MULYA PRATAMA

03051182025012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



A blue ink signature of Irsyadi Yani is written over a circular official stamp of the Faculty of Engineering, Sriwijaya University. The stamp contains the text 'KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN', 'UNIVERSITAS SRIWIJAYA', and 'FAKULTAS TEKNIK'.

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

Palembang, Mei 2024
Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi



A blue ink signature of Irsyadi Yani is written over a circular official stamp of the Faculty of Engineering, Sriwijaya University. The stamp contains the text 'KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN', 'UNIVERSITAS SRIWIJAYA', and 'FAKULTAS TEKNIK'.

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 209/TK/1A/2024
: 20 Juni 2024
:

SKRIPSI

NAMA : ADITYA MULYA PRATAMA
NIM : 03051182025012
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : PREDIKSI KEKASARAN PERMUKAAN
MATERIAL BAJA S45C PADA PROSES CNC
MILLING MENGGUNAKAN METODE
DECISION TREE REGRESSOR
DIBUAT TANGGAL : 11 JULI 2023
SELESAI TANGGAL : MEI 2024

Palembang, Mei 2024

Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



The image shows a blue circular official stamp of Universitas Sriwijaya, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering. Overlaid on the stamp is a handwritten signature in blue ink.

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.,IPM.
NIP.197112251997021001



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to be the same as the one in the previous block.

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.,IPM
NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Prediksi Kekasaran Permukaan Material Baja S45C Pada Proses CNC *Milling* Menggunakan Metode *Decision Tree Regressor*” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Mei 2024.

Palembang, 31 Mei 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Akbar Teguh Prakoso, S.T., M.T.
NIP. 199204122022031009



Sekretaris

2. M.A. Ade Saputra, S.T., M.T., M.Kom.
NIP. 198711302019031006




Anggota

3. Dr. Dendy Adanta, S.Pd., M.T., IPP.
NIP. 199306052019031016




Mengetahui,

 Ketua Jurusan Teknik Mesin


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP.197112251997021001

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi


Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul “Prediksi Kekasaran Permukaan Material Baja S45C pada Proses CNC Milling Menggunakan Metode *Decision Tree Regressor*”.

Skripsi ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta di sekeliling saya yang mendukung dan membantu. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua dan saudara saya yang selalu mendoakan, memberi semangat dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya dan Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mendidik, serta memberi saran kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. H. Darmawi Bayin, M.T. M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Teman – teman Teknik Mesin 2020 yang telah setia menemani penulis dikala suka maupun duka.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat, umumnya bagi para pembaca dan khususnya penulis serta bagi mahasiswa Universitas Sriwijaya Jurusan Teknik Mesin.

Palembang, Mei 2024



Aditya Mulya Pratama
NIM.03051182025012

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aditya Mulya Pratama

NIM : 03051182025012

Judul : Prediksi Kekasaran Permukaan Material Baja S45C pada Proses CNC
Milling Menggunakan Metode Decision Tree Regressor

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Indralaya, Mei 2024

Penulis



Aditya Mulya Pratama

NIM. 03051182025012

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aditya Mulya Pratama

NIM : 03051182025012

Judul : Prediksi Kekasaran Permukaan Material Baja S45C pada Proses CNC
Milling Menggunakan Metode Decision Tree Regressor

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Mei 2024

Penulis



Aditya Mulya Pratama
NIM. 03051182025012

RINGKASAN

PREDIKSI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL BAJA S45C PADA PROSES CNC *MILLING* MENGGUNAKAN METODE *DECISION TREE REGRESSOR*

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Mei 2024

Aditya Mulya Pratama, dibimbing Oleh Irysadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.

xxvii +66 halaman, 21 tabel, 27 gambar, 8 lampiran

Ringkasan

Dalam industri manufaktur, proses pemesinan adalah studi yang sangat penting karena saat ini produk dengan kualitas terbaik dan presisi yang tinggi sangat dibutuhkan. Salah satu hal yang memengaruhi kualitas dari suatu produk atau komponen mesin adalah kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan sendiri dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kondisi alat pahat, parameter pemotongan, material benda kerja, dan arah pemakanan. Untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang optimal, diperlukan pemilihan dan pengaturan faktor-faktor tersebut secara tepat. Namun, hal ini tidak mudah dilakukan karena adanya hubungan yang kompleks dan non-linier antara faktor-faktor tersebut dengan kekasaran permukaan. *Machine Learning* adalah kapasitas sistem untuk belajar dari data khusus yang sudah di *training* yang mana spesifik terhadap masalah yang di analisa untuk mengotomatisasi proses pembuatan model analitis dan menyelesaikan *task* yang diberikan. *Decision Tree Regressor* adalah kategori *supervised learning* yang dikenal dengan kemampuan intepretasi yang akurat. Pada penelitian ini, penulis membuat prediksi *Decision Tree Regressor* terhadap nilai kekasaran permukaan rata-rata dari baja S45C. Penelitian dilakukan di SMK 2 Palembang dengan menggunakan pahat karbida *Endmill coated* Diameter 10 mm, 4 flute dan mesin CNC *Milling OPTImill F 105*. Database yang didapat sebesar 119 data dengan 5 variasi V_c , 5 variasi f_z dan 4 variasi a_x . Setelah mendapatkan data dilakukan analisis data dengan metode *Decision Tree Regressor*. Pada model prediksi yang dilakukan data dibagi menjadi 95 data training dan 24 data

testing. Setelah dilakukan pemrograman di *environment Google colab* dan python yang dipilih sebagai bahasa pemrograman, didapatkan hasil rata-rata kesalahan absolut prediksi sebesar 43,4%.

Kata Kunci : *milling*, kekasaran permukaan, *decision tree regression*, pembelajaran mesin

Kepustakaan : 28 (2006-2023)

SUMMARY

SURFACE ROUGHNESS PREDICTION OF S45C STEEL MATERIAL FOR CNC MILLING PROCESS USING DECISION TREE REGRESSOR

A scholarly writing in form of a thesis, May 2024

Aditya Mulya Pratama, supervised by Irysadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D

xix +66 pages, 21 table, 27 figures, 8 attachment

SUMMARY

In Manufacturing Industry, machining process is one of the important field of study because product with high quality and high preecision is in demand. One of the factor that influence the quality of a product is surface roughness. Surface Roughness alone got influenced by a lot of factor such as condition of the cutter, cutting parameter , feed rate, depth of cut and the material itself. To get an optimal surface rougness, all that factor need to be in tune with one another. But, it is not easy because complex relationship and non-linear relationship between those factors with surface roughness. *Machine Learning* is a capacity of a system to learn from special data which already trained specific to the problem that need to be analysed to automate the creation of analytic model and clearing the given task. *Decision Tree Regressor* is a supervised learning that known for it accurate intepretation ability. In this experiment, the author conducted an experiment by doing a prediction with decision tree regressor from the results of Milling processes on CNC machines. In this experiment, author made a *Decision tree* regression prediction on surface roughness average for S45C steel. This experiment was done on Vocational School 2 Palembang with 10 diameter mm, 4 flute cutter and the milling machine type is CNC *Milling* OPTImill F 105 CNC. After data collection, analysis were carried out using the Decision Tree Regressor. The database of this experiment is 119 data large with 5 variations of V_c , 5 variations of f_z and 4 variations of a_x . In the prediction model, the data was divided 95 training data and

24 testing data. After programming process in *Google Colab* environment with Python chosen as programming language, the mean absolute error obtained was 43,4%.

Key words : *milling, surface roughness, decision tree regression, machine learning*

Citation : 28 (2006-2023)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vii
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Proses Pemesinan.....	7
2.3 <i>Computer Numerical Control (CNC)</i>	7
2.4 Mesin <i>Milling</i>	8
2.5 Pahat <i>End Mill</i>	13
2.6 Baja karbon S45C	14
2.7 Cairan Pemotongan (<i>Cutting Fluid</i>)	15
2.8 Kekasaran Permukaan.....	15
2.9 <i>Decision Tree</i>	18
2.9.1 <i>Decision Tree Regression</i>	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Persiapan Benda Kerja.....	20

3.3	Metode Penelitian.....	21
3.4	Persiapan Pahat	21
3.5	Persiapan CNC <i>Milling</i>	22
3.6	Cairan Pemotongan	23
3.7	Pengukuran Kekasaran Permukaan	24
3.8	Desain Eksperimen.....	26
3.9	Pemodelan dengan <i>Decision Tree</i>	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Proses Pemesinan CNC	29
4.2	Pengujian Kekasaran Permukaan	32
4.3	<i>Database</i>	33
4.4	Prediksi Kekasaran permukaan dengan <i>Decision Tree Regression</i> .	37
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses pemesinan milling.....	9
Gambar 2. 2 Jenis jenis operasi milling	9
Gambar 2. 3 Jenis-jenis Peripheral Milling.....	10
Gambar 2. 4 Jenis Jenis Face Milling	11
Gambar 2.5 Pahat end mill.....	14
Gambar 2. 6 Baja Karbon S45C.....	15
Gambar 2. 7 Posisi profil referensi untuk satu permukaan panjang sampel	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir	19
Gambar 3. 2 Benda kerja baja S45C	20
Gambar 3. 3 Pahat karbida <i>Endmill coated</i> Diameter 10 mm, 4 flute	22
Gambar 3. 4 Mesin Milling CNC OPTImill F 105 CNC.....	23
Gambar 3. 5 Bromus Oli Cutting Fluid.....	24
Gambar 3. 6 Alat Uji Kekasaran Permukaan	24
Gambar 4. 1 Program <i>Mastercam</i>	29
Gambar 4. 2 <i>G-code</i>	30
Gambar 4. 3 Proses <i>Zero Machine</i>	31
Gambar 4. 4 Proses Pemotongan Baja S45C	32
Gambar 4. 5 Pengujian Kekasaran permukaan	33
Gambar 4. 6 Pohon regresi untuk $V_c=75$	44
Gambar 4. 7 <i>Regression tree</i>	46
Gambar 4. 8 Pemanggilan <i>Library</i> dan <i>Database</i> ke <i>Google Colab</i>	47
Gambar 4. 9 Memanggil dataset ke <i>Google Colab</i>	47
Gambar 4. 10 Variabel bebas (x)	48
Gambar 4. 11 Variabel terikat (y)	48
Gambar 4. 12 Pemisahan data menjadi <i>data testing</i> dan <i>data training</i>	49
Gambar 4. 13 Memanggil Algoritma Decision Tree dan melakukan penghitungan	49
Gambar 4. 14 Visualisasi data Prediksi vs Aktual	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Grade number kekasaran permukaan	17
Tabel 3. 1 Komposisi Baja S45C.....	20
Tabel 3. 2 Spesifikasi pahat	22
Tabel 3. 3 Spesifikasi Mesin Milling CNC.....	23
Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Uji Kekasaran	25
Tabel 3. 5 Parameter Pengujian	26
Tabel 4 1 Tabel <i>Database</i>	34
Tabel 4 2 Tabel variasi $V_c = 75$	37
Tabel 4 3 Tabel <i>Standard Deviation Reduction</i> variabel V_c	39
Tabel 4 4 Tabel <i>Standard Deviation Reduction</i> variabel f_z	40
Tabel 4 5 Tabel <i>Standard Deviation Reduction</i> variabel a_x	40
Tabel 4 6 Perbandingan SDR setiap variabel.....	41
Tabel 4 7 Tabel dimana $V_c = 75$ dan $f_z = 0,05$	41
Tabel 4 8 Tabel nilai SDR untuk variabel f_z percabangan $V_c = 75$	42
Tabel 4 9 Tabel nilai SDR untuk variabel a_x percabangan $V_c = 75$	43
Tabel 4 10 Tabel dimana $V_c = 75$, $f_z = 0,05$, $a_x = 0,75$	43
Tabel 4 11 Tabel nilai SDR untuk variabel f_z percabangan $V_c = 100$	44
Tabel 4 12 Tabel nilai SDR untuk variabel a_x percabangan $V_c = 100$	45
Tabel 4 13 Tabel dimana $V_c = 100$ dan $f_z = 0,05$	45
Tabel 4 14 Tabel aktual vs prediksi	50
Tabel 4 15 Tabel Persensan Kesalahan Absolut	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cepatnya perkembangan teknologi saat ini sangat berhubungan dengan pesatnya perkembangan *Artificial Intelligence* (AI). Sistem cerdas yang memiliki kemampuan *Artificial Intelligence* (AI) atau kecerdasan buatan sering mengandalkan *Machine Learning*. *Machine Learning* adalah kapasitas sistem untuk belajar dari data khusus yang sudah di *training* yang mana spesifik terhadap masalah yang di analisa untuk mengotomatisasi proses pembuatan model analitis dan menyelesaikan *task* yang diberikan (Kai, 2021).

Penerapan *Machine Learning* memungkinkan perkembangan di banyak bidang, khususnya di bidang industri manufaktur. Metode *machine learning* digunakan untuk memprediksi kualitas dari *finished workpieces* pada *three-axis* proses milling dengan pahat *end mill* (Fertig, dkk., 2022). Penerapan lainnya adalah *Tool Wear Prediction* atau prediksi keausan alat pada milling dengan memanfaatkan keunggulan model *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk mengatasi efek akumulasi memori untuk mempelajari pola keausan reguler dari urutan fitur kondisi kerja untuk mewujudkan prediksi keausan pahat. (Wang, dkk., 2020).

Dalam industri manufaktur, proses pemesinan adalah studi komprehensif yang sangat penting karena saat ini produk dengan kualitas terbaik dan presisi yang tinggi sangat dibutuhkan. Salah satu hal yang memengaruhi kualitas dari suatu produk atau komponen mesin adalah kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan sendiri dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kondisi alat pahat, parameter pemotongan, material benda kerja, dan arah pemakanan. Untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang optimal, diperlukan pemilihan dan pengaturan faktor-faktor tersebut secara tepat. Namun, hal ini tidak mudah dilakukan karena adanya hubungan yang kompleks dan non-linier antara faktor-faktor tersebut dengan

kekasaran permukaan (Yanis & An-Najiy, 2020).

Faktor–faktor yang sudah dijelaskan bisa diterapkan sebagai parameter di algoritma *machine learning*. (Gabsi, 2023) melakukan sebuah studi menggunakan *regression model* untuk memprediksi kekasaran permukaan pada mesin milling menggunakan AA7075 sebagai material dan berhasil membuktikan bahwa *regression model* adalah salah satu yang terbaik berdasarkan *performance metric*. Algoritma pembelajaran mesin memiliki kemampuan yang sangat baik untuk memodelkan hubungan yang kompleks dan memprediksi kekasaran permukaan dengan akurasi dan efisiensi yang tinggi.

Dalam menghitung kekasaran permukaan perlu memikirkan banyak faktor. Salah satu cara untuk menganalisis faktor-faktor tersebut adalah dengan menggunakan metode pembelajaran mesin dalam hal ini adalah *Decision Tree*. *Decision Tree* adalah satu dari banyaknya model *Machine Learning* yang termasuk ke kategori *supervised learning* yang dikenal dengan kemampuan interpretasi yang akurat (Costa, 2023).

Dari latar belakang diatas maka perlu dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan material baja S45C, pahat *end mill*, dan analisa prediksi kekasaran permukaan dengan metode *Decision Tree*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti antara lain :

1. Apakah parameter pemesinan (kecepatan potong, laju pemakanan, dan kedalaman potong) mempengaruhi hasil kekasaran permukaan?
2. Bagaimana melakukan prediksi nilai kekasaran permukaan benda kerja dengan menggunakan *Decision Tree Regression*?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup Penelitian mengenai penelitian ini meliputi:

1. Prediksi nilai kekasaran permukaan menggunakan metode *Decision Tree Regression*.
2. Mesin yang dioperasikan adalah *CNC Milling*.
3. Menggunakan pahat *endmill karbida coated*.
4. Material yang digunakan yaitu baja karbon sedang S45C.
5. Variasi pemotongan yaitu kecepatan pemotongan (V_c), gerak makan (f_z) dengan kedalaman potong (a).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh parameter pada proses milling yaitu kecepatan potong (V_c), gerak pemakanan (f_z) dan kedalaman potong axial (a) terhadap kekasaran permukaan.
2. Menganalisis pemodelan nilai kekasaran permukaan dengan metode *Decision Tree Regression*.
3. Mendapatkan nilai akurasi prediksi kekasaran permukaan baja karbon S45C pada proses *Milling CNC* dengan metode *Decision Tree Regression*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh hasil analisis regresi kekasaran permukaan.
2. Bentuk penerapan kemajuan teknologi dengan penggunaan algoritma *Decision Tree Regression*.

3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi pada penelitian selanjutnya.