

SKRIPSI
ANALISIS PREDIKSI TERHADAP KEKASARAN
PERMUKAAN PADA PROSES PEMBUBUTAN
MENGGUNAKAN METODE ANN (*ARTIFICIAL*
***NEURAL NETWORK*)**



I PUTU AHMAD WALMANDA RAMADHAN
03051381621084

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

SKRIPSI
ANALISIS PREDIKSI TERHADAP KEKASARAN
PERMUKAAN PADA PROSES PEMBUBUTAN
MENGGUNAKAN METODE ANN (*ARTIFICIAL*
***NEURAL NETWORK*)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



OLEH
I PUTU AHMAD WALMANDA RAMADHAN
03051381621084

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

HALAMAN PENGESAHAN

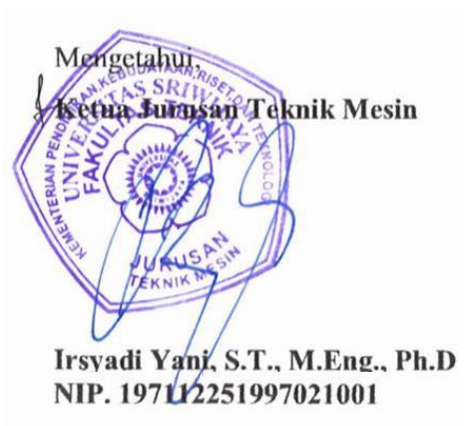
ANALISIS PREDIKSI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES PEMBUBUTAN MENGGUNAKAN METODE ANN (*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*)

SKRIPSI

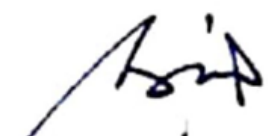
Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar sarjana Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

I PUTU AHMAD WALMANDA RAMADHAN
03051381621084



Palembang, 15 Juli 2021
Pembimbing,



Dipl. Eng. Ir. Amrifan Mohruni Saladin, Ph.D.
NIP. 196409111999031002

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**


**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

Nama : I PUTU AHMAD WALMANDA R
NIM : 03051381621084
Jurusan : TEKNIK MESIN
**Judul Skripsi : Analisis Prediksi Terhadap Kekasaran Permukaan
Pada Proses Pembubutan Menggunakan Metode
ANN (*Artificial Neural Network*).**
Dibuat Tanggal : JULI 2019
Selesai Tanggal : JUNI 2021

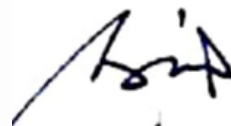
Meng
Ketua

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

ang, Juni 2021
sa dan disetujui oleh:
nbing



Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.
NIP. 196409111999031002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “ANALISIS PREDIKSI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES PEMBUBUTAN MENGGUNAKAN METODE ANN (*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*)“. Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada Tanggal 15 Juli 2021 .

Palembang, 21 Juli 2021

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua

1. **Dr. Muhammad Yanis, S.T, M.T.**
NIP.197002281994121001

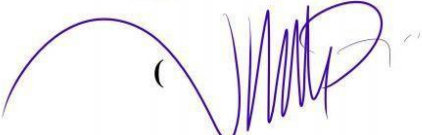
()

Anggota

2. **Dr. H. Ismail Thamrin, S.T, M.T.**
NIP. 197209021997021001


()

3. **M. A. Ade Saputra, S.T, M.T.**
NIP. 198711302019031006

()



Pembimbing Skripsi

()

Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.
NIP. 196409111999031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : I Putu Ahmad Walmanda R

NIM : 03051381621084

Judul : Analisis Prediksi Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Menggunakan Metode ANN (*Artificial Neural Network*).

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya 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 aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2021



I Putu Ahmad Walmanda R

NIM. 03051381621084

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : I Putu Ahmad Walmanda R

NIM : 03051381621084

Judul : Analisis Prediksi Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Menggunakan Metode ANN (*Artificial Neural Network*).

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 ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2021



I Putu Ahmad Walmanda R

NIM. 03051381621084

RINGKASAN

ANALISIS PREDIKSI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES PEMBUBUTAN MENGGUNAKAN METODE ANN (*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*)

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, 21 Juli 2021

I Putu Ahmad Walmanda R :

Dibimbing oleh Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.

XXI + 45 halaman, 6 tabel, 11 gambar

RINGKASAN

Seperti yang kita ketahui kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan pada proses pemesinan. Pada penelitian ini yang menjadi parameter pemotongan diantaranya yaitu, kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman makan. Pahat yang digunakan yaitu berbahan karbida, karbida dipilih karena memiliki ketahanan aus yang tinggi. Pahat karbida juga dapat menahan deformasi, berat beban, benturan, korosi, ketahanan tinggi dan suhu yang tinggi. Selama bertahun-tahun, karbida juga telah membuktikan keunggulan mereka dalam sejumlah besar aplikasi perkakas dan teknik selain memotong. Dalam penelitian kali ini benda kerja yang digunakan adalah Inconel 625. adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sekitar 0,43 - 0,50 dan termasuk golongan baja karbon sedang, baja ini dapat kita temui digunakan sebagai bahan otomotif dan lain sebagainya, contohnya sebagai roda gigi pada kendaraan bermotor, poros dan bantalan pada aplikasinya baja ini mempunyai ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsinya harus dapat menahan keausan akibat gesekan, pada umumnya ketahanan aus berbanding lurus dengan kekasaran. Variabel yang dipakai pada penelitian ini adalah kecepatan potong (V_c), gerak makan (f_z) dan kedalaman potong (a). Dengan rincian parameter sebagai berikut: kecepatan potong 50, 125, 250 m/s, gerak makan 0,04, 0,08, 0,12 mm/rev dan kedalaman makan 0,2, 0,3, 0,4 mm. Material diproses dengan menggunakan *turning*, biasanya metode ini digunakan pada proses *finishing* pada material yang akan menginginkan permukaan yang halus. Kemudian hasil proses turning di uji dengan *surface roughness tester* dengan mengambil nilai Ra sebagai nilai kekasarannya. Proses pengambilan nilai kekasaran dilakukan dengan memberikan titik uji yang berbeda pada material disepanjang area permukaan yang telah di bubut. Kemudian ketiga nilai Ra diambil rata-ratanya sebagai nilai eksperimental Ra. Prediksi kekasaran permukaan dilakukan dengan

menggunakan metode *artificial neural networks*. struktur jaringan yang digunakan yaitu; 3 input, n hidden layer dan 1 output, algoritma jaringan *feed forward backpropagation, training* dan fungsi *learning* dengan Levenberg-Marquardt, performance menggunakan MSE dan setelah ditarining menghasilkan MSE terendah pada jaringan struktur 3-7-1 dengan prediksi eror sebesar 6,614 % pada data training dan data validasi. Dan pada data validasi mendapatkan rentang eror 0.0391 % sampai 15,099%.

Kata Kunci : Turning, Kekasaran Permukaan, Jaringan Saraf Tiruan

SUMMARY

ANALYSIS OF SURFACE ROUGHNESS PREDICTION ON TURNING PROCESS USING ANN (ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS)

Scientific writing in the form of a thesis, July 21, 2021

I Putu Ahmad Walmanda R :

Supervised by Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.

XXI + 45 page, 6 table, 11 picture

SUMMARY

As we know surface roughness is one of the deviations caused by the cutting conditions in the machining process. In this study, the cutting parameters include cutting speed, feeding motion and feeding depth. The insert used is made of carbide, carbide was chosen because it has high wear resistance. Carbide tools can also withstand deformation, heavy loads, impact, corrosion, high resistance and high temperatures. Over the years, carbides have also proven their superiority in a wide range of tooling and engineering applications other than cutting. In this study, the workpiece used is Inconel 625. It is carbon steel which has a carbon content of about 0.43 - 0.50 and belongs to the medium carbon steel group, we can find this steel used as automotive material and so on, for example as wheels, gears in motor vehicles, shafts and bearings in their application, this steel has good wear resistance because according to its function it must be able to withstand wear due to friction, in general wear resistance is directly proportional to roughness. The variables used in this study were cutting speed (V_c), feeding motion (f_z) and depth of cut (a). With detailed parameters as follows: cutting speed 50, 125, 250 m/s, feed rate 0.04, 0.08, 0.12 mm/rev and feeding depth 0.2, 0.3, 0.4 mm. The material is processed using turning, this method is usually used in the finishing process on materials that want a smooth surface. Then the results of the turning process are tested with a surface roughness tester by taking the value of R_a as the roughness value. The process of taking the roughness value is done by giving different test points to the material along the surface area that has been lathe. Then the three values of R_a are taken as the average of the experimental values of R_a . Prediction of surface roughness is done by using artificial neural networks method. the network structure used is; 3 inputs, n hidden layers and 1 output, feed forward backpropagation network algorithm, training and learning function with Levenberg-Marquardt, performance using MSE and after being trained the lowest MSE is on the network structure 3-7-1 with a prediction error of 6.614 % on the data training and validation data. And the validation data get an error range of 0.0391% to 15.099%.

Keywords: Turning, Surface Rougness. ANN(*Artificial Neural Network*)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat dan karunia-Nya, Proposal Seminar Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Proposal Seminar Skripsi ini berjudul **“Analisis Prediksi Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Menggunakan Metode ANN (*Artificial Neural Network*)”** .

Penulis menyadari bahwa penulisan ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Orang tua serta saudara yang telah memberikan dukungan serta doa yang bermanfaat bagi penulis.
2. Bapak Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat dan memberikan semangat untuk mengerjakan proposal skripsi ini.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng., Ph.D. selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik.

Palembang, Juli 2021



I Putu Ahmad Walmanda Ramadhan
NIM. 03051381621084

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
JURUSAN TEKNIK MESIN	vi
HALAMAN PERSETUJUAN	vii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
RINGKASAN.....	x
SUMMARY	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>Nickel Base Alloy</i>	4
2.2 Permesinan Bubut (<i>Turning</i>)	4
2.2.1 Prinsip kerja mesin bubut	5
2.2.2 Kekasaran Permukaan	6
2.2.3 Cutting Tools.....	6
2.3 Jaringan Syaraf Tiruan.....	7
2.3.1 Back Propogation	10

2.4	MATLAB	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		12
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	12
3.2	Tahapan Persiapan Penelitian.....	13
3.2.1	Persiapan Bahan dan Cutting Tools.....	13
3.2.2	Metode Permesinan.....	14
3.3	Variabel proses	14
3.4	Data variable permesinan	14
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		16
4.1	Data Pengujian Kekasaran.....	16
4.2	Metode <i>Artificial Neural Networks</i>	17
4.3	Hasil Pemodelan dengan <i>Artificial Network</i>	19
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		25
5.1	Kesimpulan.....	25
5.2	Saran	25
DAFTAR PUSTAKA.....		26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gerak Pemakanan	5
Gambar 2. 2 Struktur JST	8
Gambar 2. 3 Arsitektur lapisan tunggal.....	9
Gambar 2. 4 Arsitektur Multilayer	9
Gambar 2. 5 Arsitektur Lapisan Kompetitif.....	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	13
Gambar 4. 1 Skematik Jaringan	19
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan.....	20
Gambar 4. 3 Perbandingan Data Eksperimental dan Prediksi.....	22
Gambar 4. 4 Perbandingan Data Test Eksperimental dan Prediksi Oleh ANN	23
Gambar 4. 5 Grafik Regresi Data <i>Test</i>	24
Gambar 4. 6 Grafik Regresi Data <i>Training</i>	24

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Sifat Fisik dan Mekanik dari Inconel 625	13
Tabel 3. 2 Data Masukan Parameter Percobaan.....	14
Tabel 3. 3 Hasil Pengukuran Pemotongan Kering	14
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Pemotongan Kering	16
Tabel 4. 2 Hasil Eksperimental, Prediksi Surface Roughness dan Nilai Penyimpangan Menggunakan Metode ANN.....	20
Tabel 4. 3 Hasil Prediksi Data Test Untuk Kekasaran Permukaan	22

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan melihat perkembangan teknologi dimasa moderen, dapat kita amati bahwa hal tersebut membuat kalangan industri manufaktur perlu meningkatkan kualitas produk, penghematan waktu produksi dan penghasilan produk yang banyak dengan keakuratan dimensi yang tinggi. Selain kualitas dan kuantitas dalam industri moderen pada umumnya menginginkan cost yang serendah rendahnya agar mudah diterima konsumen dipasaran.

Mesin bubut merupakan salah satu dari proses pemesinan yang ada. Dalam proses pembubutan (turning), hasil yang dicapai selain ukuran yang presisi adalah nilai kekasaran. Dari nilai kekasaran permukaan ini dapat dilakukan evaluasi apakah produk yang dibuat tersebut diterima atau tidak. Semakin rendah nilai kekasaran yang dihasilkan, maka kriteria benda tersebut akan semakin baik. Jika nilai kekasaran yang diperoleh semakin kasar maka akan berdampak kepada komponen atau elemen mesin yang saling bergesekan. Gesekan akan meningkat jika kualitas permukaan tidak halus. Kualitas permukaan yang halus akan membuat sedikit gesekan dari pada permukaan yang kasar (Widiantoro et al., 2017).

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Salah satu proses pemesinan yang biasa digunakan pada industri manufaktur adalah pemesinan bubut. Proses pemesinan bubut merupakan proses pemesinan untuk menghasilkan produk-produk berbentuk silindris yang dikerjakan dengan mesin bubut (Pranowo sidi).

Untuk memperoleh hasil prediksi pada kekasaran permukaan hasil proses menggunakan metode *artificial neural network*. Dengan menggunakan metode *neural network*, dapat memprediksi *surface roughness* dengan tingkat eror yang relatif kecil. Karena dengan metode tersebut mampu memberikan gambaran

kuantitatif pemilihan kombinasi parameter pemesinan yaitu kecepatan pemotongan, kecepatan pemakanan, dan kedalaman potong untuk mendapatkan kekasaran permukaan hasil pemotongan yang optimum (Widyaningrum, 2013). Pada penelitian ini akan membahas “**ANALISIS PREDIKSI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES PEMBUBUTAN MENGGUNAKAN METODE ANN (*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*)**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian sebelumnya maka timbul beberapa permasalahan pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variable proses atau kondisi pemesinan terhadap kekasaran permukaan pada benda kerja.
2. Bagaimana memprediksi kekasaran permukaan menggunakan metode *Artificial Neural Networks*.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan karya ilmiah diperlukan kedalaman pengkajian mengenai masalah yang akan dibahas. Untuk mempermudah hal tersebut maka masalah tersebut perlu dibatasi. batasan masalah pada penelitian ini :

- a. Fabrikasi dilakukan menggunakan mesin bubut.
- b. Parameter yang digunakan yaitu kecepatan, pemakanan, kedalaman potong.
- c. Variabel yang ada akan dibandingkan dengan kekasaran permukaan yang dihasilkan dan dianalisa dengan *Artificial Neural Networks*.
- d. Data yg diambil dari penelitian sebelumnya.
- e. Dalam penelitian ini memprediksi kekasaran permukaan dengan metode *Artificial Neural Networks*.
- f. Software yang digunakan yaitu MATLAB

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh kondisi pemesinan terhadap kekasaran permukaan.
2. Membandingkan nilai percobaan dan prediksi kekasaran permukaan dengan metode *Artificial Neural Network*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah, yaitu :

1. Dapat dijadikan kajian literatur atau referensi bagi penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan.
2. Menambah ilmu pengetahuan, keterampilan dan wawasan mengenai proses bubut khususnya tentang kekasaran permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hadi, M. *et al.* (2016) 'Effect of cutting speed on the carbide cutting tool in milling Inconel 718 alloy', *Journal of Materials Research*, 31(13), pp. 1885–1892. doi: 10.1557/jmr.2015.380.
- Ameen, F., 2018. Scholarship at UWindsor Prediction of Surface Quality Using Artificial Neural Network for the Green Machining of Inconel 718 Prediction of Surface Quality Using Artificial Neural Network for the Green Machining of Inconel 718 By.
- Altintas, Y., (2011). Manufacturing
- Atedi, 2005. Standar Kekasaran Permukaan Bidang Pada Yoke Flange Menurut ISO R.1302 dan DIN 4768 Dengan Memperhatikan Nilai Ketidakpastiannya. Media Mesin.
- Groover, M.P., 2010. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, 4th ed. ed. John Wiley & Sons, Inc. https://doi.org/10.1007/978-94-010-9506-8_6
- Hong, S. Y., Markus, I. and Jeong, W. cheol (2001) 'New cooling approach and tool life improvement in cryogenic machining of titanium alloy Ti-6Al-4V', *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 41(15), pp. 2245–2260. doi: 10.1016/S0890-6955(01)00041-4.
- Kenda, J., Pusavec, F. and Kopac, J. (2011) 'Analysis of residual stresses in sustainable cryogenic machining of nickel based alloy - Inconel 718', *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 133(4), pp. 1–7. doi: 10.1115/1.4004610.
- Kilickap, E., Yardimeden, A., Çelik, Y.H., 2017. Mathematical modelling and optimization of cutting force, tool wear and surface roughness by using artificial neural network and response surface methodology in milling of Ti-6242S. *Appl. Sci.* 7. <https://doi.org/10.3390/app7101064>
- Lesnussa, Y.A., Sinay, L.J., Idah, M.R., 2017. Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue

- (DBD) di Kota Ambon. *J. Mat. Integr.* 13, 63.
<https://doi.org/10.24198/jmi.v13.n2.11811.63-72>
- Mia, M., Dhar, N.R., 2016. Prediction of surface roughness in hard turning under high pressure coolant using Artificial Neural Network. *Meas. J. Int. Meas. Confed.* 92, 464–474.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.06.048>
- Mohammad Hossain, Gopiseti, L.S.P., Miah, M.S., 2018. Artificial neural network modelling to predict international roughness index of rigid pavement. *J. Chem. Inf. Model.* 53, 1689–1699.
- Narkhede, G.B., Chinchankar, Satish., Vadgeri, S.S., Rathod, B.S., (2020) ‘Comparative Evaluation of Machining Performance of Inconel 625 Under Dry and Cryogenic Cutting Conditions’, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol 810. doi: 10.1088/1757-899X/810/1/012036.
- Pusavec, F. *et al.* (2011) ‘Surface integrity in cryogenic machining of nickel based alloy - Inconel 718’, *Journal of Materials Processing Technology*. Elsevier B.V., 211(4), pp. 773–783. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2010.12.013.
- Sangwan, K.S., Saxena, S., Kant, G., 2015. Optimization of machining parameters to minimize surface roughness using integrated ANN-GA approach. *Procedia CIRP* 29, 305–310.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.002>
- V.BALAJI (2015) ‘Review of the Cryogenic Machining in Turning and Milling Process’, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 04(10), pp. 38–42. doi: 10.15623/ijret.2015.0410008.
- Wang, Z. Y. and Rajurkar, K. P. (2000) ‘Cryogenic machining of hard-to-cut materials’, *Wear*, 239(2), pp. 168–175. doi: 10.1016/S0043-1648(99)00361-0.
- Widyaningrum, V.T., 2013. Artificial Neural Network Backpropagation Dengan Momentum Untuk Prediksi Surface Roughness Pada CNC Milling. *Pros. Conf. Smart-Green Technol. Electr. Inf. Syst. C*, 153–158
- Yanis, M., Mohruni, A.S., Sharif, S., Yani, I., Arifin, A., Khona’Ah, B., 2019.

Application of RSM and ANN in Predicting Surface Roughness for Side Milling Process under Environmentally Friendly Cutting Fluid. J. Phys. Conf. Ser. 1198. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1198/4/042016>