

TESIS

**VIBRATION ANALYSIS OF CNC PLASMA
CUTTING MACHINE**



IMAM TANTOWI

03032682125007

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

TESIS

**VIBRATION ANALYSIS OF CNC PLASMA
CUTTING MACHINE**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Mendapatkan Gelar Magister Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



IMAM TANTOWI

03032682125007

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

VIBRATION ANALYSIS OF CNC PLASMA CUTTING MACHINE

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Mendapatkan Gelar Magister Teknik Mesin Pada Program
Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

IMAM TANTOWI

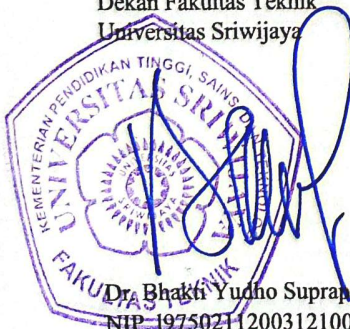
03032682125007

Palembang, Agustus 2025
Pembimbing



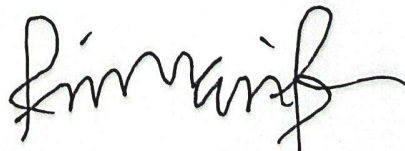
Prof. Dipl-Ing.Ir.Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D .
NIP.196409111999031002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Dr. Bhakti Yudho Supranto, S.T., M.T., IPM.
NIP.197502112003121002

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 197909272003121004

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

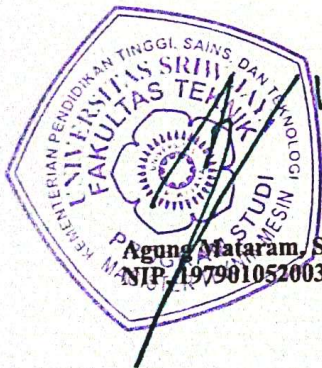
**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

TESIS

Judul Tesis : Vibration Analysis of CNC Plasma Cutting Machine
Nama Mahasiswa : Imam Tantowi
NIM : 03032682125007
Program Studi : Teknik Mesin
Bidang Kajian Utama : Teknik Material dan Manufaktur
Fakultas : Teknik

Menyetujui :

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister
Teknik Mesin**



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP.197901052003121002

**Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Tesis**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa tesis ini dengan judul **"VIBRATION ANALYSIS OF CNC PLASMA CUTTING MACHINE"** telah dipertahankan dihadapan panitia siding tesis berupa tesis Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal, Juli 2025, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan Panitia Seminar Proposal berupa tesis Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Palembang, Juli 2025

Panitia siding tesis

Anggota Penguji:

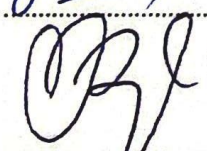
1. Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T.

NIP. 197002281994121001

()

2. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197112251997021001

()

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Mesin
15/9 25

Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197901052003121002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Nama : Imam Tantowi
NIM : 03032682125007
Judul Tesis : Vibration Analysis of CNC Plasma Cutting Machine

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 (*Coressponding author*).

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

Palembang,

Juli 2025



Imam Tantowi
03032682125007

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Imam Tantowi

NIM : 03032682125007

Judul Tesis : *Vibration Analysis of CNC Plasma Cutting Machine*

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unstur peniplakan/plagiat dalam tesis ini, maka saya bersedia menerima sanski akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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



Palembang,

Juli 2025



Imam Tantowi
03032682125007

RINGKASAN

VIBRATION ANALYSIS OF CNC PLASMA CUTTING MACHINE

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 24 Juli 2025

Imam Tantowi; Dibimbing oleh Prof. Dipl-Ing.Ir.Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.

RINGKASAN

Penelitian ini mengkaji perilaku getaran pada mesin CNC plasma cutting untuk mendukung strategi pemeliharaan prediktif. Pengaruh tekanan gas, arus listrik, dan kecepatan pemotongan terhadap respons getaran—terutama kecepatan dan percepatan getaran—dianalisis menggunakan Vibration Analyzer dan Bearing Defender. Rancangan eksperimen menggunakan Response Surface Methodology (RSM) dengan Central Composite Design (CCD), yang menghasilkan 20 kombinasi percobaan. Parameter proses optimal diperoleh pada tekanan 5,016 bar, arus 72,838 A, dan kecepatan pemotongan 520,944 mm/menit. Pada kondisi ini, kecepatan getaran sebesar 0,282 mm/s, percepatan 0,023 m/s², dan nilai desirability mencapai 0,618. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis getaran merupakan metode yang efektif untuk deteksi dini kerusakan dan mendukung pemeliharaan prediktif, sehingga meningkatkan stabilitas dan efisiensi dalam proses pemotongan CNC plasma.

Kata kunci: CNC Plasma Cutting, Getaran, RSM, Pemeliharaan Prediktif

SUMMARY

VIBRATION ANALYSIS OF CNC PLASMA CUTTING MACHINE

Scientific paper in the form of a Thesis, Juli 24, 2025

Imam Tantowi; Supervised by Prof. Dipl-Ing.Ir.Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.

SUMMARY

This research analyses the vibration behaviour of a CNC plasma cutting machine to support predictive maintenance. The effects of pressure, current, and cutting speed on the vibration responses (velocity and acceleration) were examined using a Vibration Analyzer and Bearing Defender. The experimental design used response Surface Methodology (RSM) with Central Composite Design (CCD) where it was obtained 20 experimental. Optimal parameters were found at 5.016 bar, 72.838 A, and 520.944 mm/min, yielding a vibration velocity of 0.282 mm/s, acceleration of 0.023 m/s², and a desirability score of 0.618. The results demonstrate that vibration analysis is a reliable tool for early fault detection and help predictive maintenance, contributing to improved stability and efficiency in CNC cutting operations.

Keywords: CNC Plasma Cutting, Vibration, RSM, Predictive Maintenance

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala berkat rahmat dan karunianya-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menyusun laporan proposal tesis ini. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan proposal tesis ini, adapun pihak tersebut:

- **Kedua Orang Tua**, yang telah memberikan doa, nasehat, segala sesuatu baik kasih sayang, dukungan moral dan materi, serta keikhlasan yang tak terbalaskan.
- **Bapak Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D.** Selaku Dosen Pembimbing Tesis I yang telah memberikan masukan, arahan, bimbingan, motivasi, dan membantu saya untuk fokus selama penyusunan laporan proposal tesis hingga proposal tesis ini selesai. Semoga Allah SWT membalas dan melimpahkan rahmat atas kebaikan bapak dosen pembimbing
- Bapak Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T, dan Bapak Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D selaku Tim Penguji laporan proposal tesis S2 Magister Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya yang juga memberikan bimbingan serta arahan dalam ruang lingkup Jurusan Teknik Mesin.
- Pak Agung Kristian selaku Staf Administrasi Prodi S2 Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
- Rekan-rekan magister jurusan teknik mesin universitas sriwijaya dan rekan sesama peneliti yang telah membantu saya dalam menjalankan penelitian, membuat laporan proposal tesis sehingga bersama-sama Kami diberbagai kondisi suka dan duka.
- Sahabat dan teman-teman terdekat saya yang terlibat langsung dan tidak bisa saya sebutkan satu persatu dalam memberikan dukungan, masukan, serta

semangat yang membuat penulis bisa lebih fokus dalam menyelesaikan laporan proposal tesis ini.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan proposal tesis ini masih kurang baik karena masih terbatasnya ilmu dan pengetahuan penulis dalam pembuatan laporan proposal tesis ini, besar harapan penulis kepada pembaca proposal tesis ini dapat memberikan kritik dan masukan yang membangun agar dalam pembuatan karya ilmiah selanjutnya akan lebih baik. Semoga laporan proposal tesis yang berjudul “Vibration Analysis Frame Mesin CNC Plasma Cutting” ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca dalam menambah wawasan, informasi dan kajian referensi bagi dunia Teknologi, Teknik Pemesinan dan Pendidikan terkhususnya dibidang Teknik Mesin.

Wassalamualaikum Warahmatullah Wabarakatuh

**Palembang,
Penulis**

2025



**Imam Tantowi
NIM. 03032682125007**

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB 2 LITERATURE REVIEW.....	5
2.1 Mesin <i>CNC</i> Plasma Cutting.....	5
2.2 Operasi Mesin <i>CNC</i>	6
2.2.1 Operasi Pengontrol.....	7
2.2.2 Operasi Pemotongan Plasma <i>CNC</i>	8
2.2.3 Operasi <i>CAD/CAM</i>	8
2.3 <i>Vibration Analysis</i>	9
2.3.1 Pengertian Getaran	9
2.3.2 Parameter Getaran.....	13
2.3.3 Penyebab Getaran Pada Mesin.....	17
2.4 Pengukuran Getaran	18
2.4.1 Jenis Pengukuran Getaran.....	19
2.4.2 Teknik Pengukuran Getaran Mesin	19

2.4.3	Alat Pengukur Getaran	20
2.5	Alarm Limit Peralatan.....	23
2.6	Standar Pembeding, Vibration dan Amplitudo.....	23
2.6.1	ISO 10816-1 Vibration Severity Chart	23
2.6.2	ISO 10816-3 Vibration Severity Chart	25
2.7	Karakteristik Baja	26
2.8	Spesifikasi Baja SS400 (JIS G3101).....	28
2.9	Paramater Input pada Mesin CNC Plasma Cutting.....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		31
3.1	Diagram Alir Penelitian	31
3.2	Studi Literatur	33
3.3	Tempat dan Waktu Pengujian.....	33
3.4	Data Pengujian	33
3.4.1	Data Pengujian CCD (Central Composite Design).....	33
3.4.2	Desain Pengujian (Design of Experiments).....	34
3.5	Peralatan dan Bahan Penelitian.....	36
3.5.1	Peralatan Mesin	36
3.5.2	Bahan Baja Karbon SS400	41
3.5.3	Peralatan Pengukuran	41
3.6	Metode Pengujian	43
3.6.1	Skematik dan Prosedur Pengukuran Getaran Sumbu Y pada Mesin CNC Plasma Cutting Menggunakan Vibration Analyzer	49
3.7	Pengolahan Data	51
3.7.1	Contoh Expertise Report.....	51
3.7.2	Contoh Analysis Report.....	52
3.7.3	Spectrum Analyzer.....	53
3.7.4	Cara Menghitung Amplitudo	54
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		57

4.1	Data Hasil Pengujian Vibrasi.....	57
4.1.1	Surface 3D Pemotongan Plasma CNC pada Akselerasi.....	59
4.1.2	Analisis Optimasi Respon Getaran	65
4.2	Analisis data dan pembahasan.....	68
4.2.1	Hubungan Tekanan terhadap Respon Getaran	69
4.2.2	Hubungan Arus terhadap Respon Getaran	69
4.2.3	Pengaruh Cutting Speed terhadap Getaran.....	69
4.2.4	Optimasi Multi-Respon dan Desirability	70
4.2.5	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Standar ISO 10816-3	71
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		73
5.1	KESIMPULAN	73
5.2	Saran.....	74
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gerakan Mekanis Sistem Pemotongan Plasma CNC (Liza <i>et al.</i> , 2015).....	6
Gambar 2.2 Diagram Alur Desain Sistem Pemotongan Plasma CNC (Renann, 2015).....	7
Gambar 2.3 Parameter Pengoperasian Mesin Pemotong Plasma CNC (Baldovino, 2015).	8
Gambar 2.4 Aliran Sinyal Untuk Proses Kontrol Posisi CNC (Liza <i>et al.</i> , 2015).....	9
Gambar 2.5 Getaran Harmonik Sederhana (Dwi Nur Cahyo, 2015).....	10
Gambar 2.6 Contoh Amplitudo (Mike, 2024).	13
Gambar 2.7 Contoh Frekuensi (Muruganantham, 2022).....	16
Gambar 2.8 Contoh Fase Relatif (Ivctechnologies, 2019a).....	16
Gambar 2.9 Contoh Fase Absolut (Ivctechnologies, 2019b).....	17
Gambar 2.10 Spektrum Frekuensi (Feriyanto, 2017).	22
Gambar 2.11 Analisis Modal. (Mbludus, 2019).	22
Gambar 2.12 ISO 10816-1.	24
Gambar 2.13 Standard ISO 10816-1 Vibration Severity Chart.	24
Gambar 2.14 Standard ISO 10816-3 Vibration Severity Chart (Velocity).	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.	32
3.2 Gambar Tata Letak Titik Eksperimen CCD Tiga Faktor	35
Gambar 3.3 Mesin Pemotong Plasma CNC FLEXIGRAPH-Smart Sistem KOIKE D430.	37
Gambar 3.4 Inverter Seri Powermax.	38
Gambar 3.5 Kompresor Seri Krisbow.....	38
Gambar 3.6 Nosel dan Elektroda.....	39
Gambar 3.7 Ground Clamp.	40
Gambar 3.8 Katup Kontrol Cairan (2/2 arah).....	40
Gambar 3.9 Plat Baja Karbon SS400.	41
Gambar 3.10 FALCON : Vibration Analyzer.	42
Gambar 3.11 Bearing Defender.....	43
Gambar 3.12 Posisi Saklar Mesin dan Inverter.	44
Gambar 3.13 Kran Kompresor.....	45
Gambar 3.14 Setting Sensor Getaran (a). Sensor Magnet (b) Pengaturan Percobaan pada Frame Mesin CNC Plasma Cutting.	45
Gambar 3.15 Penyetingan Inverter.	46

Gambar 3.16 Prosedur Penginputan Program (a). Setting Ukuran (b) Pemilihan Pola Persegi.....	47
Gambar 3.17 Proses Pemotongan (a). Pengaturan Naik Turun Nosel (b) Pemotongan Plate dengan Obor Plasma.	47
Gambar 3.18 Hasil Pemotongan Plate.	48
Gambar 3.19 Contoh Gambar Hasil Pengukuran Menggunakan Vibration Analyzer.....	48
Gambar 3.20 Diagram Skematik Alur Pengukuran Getaran Sumbu Y pada Mesin CNC Plasma Cutting.....	49
Gambar 3.21 Expertise Report.....	52
Gambar 3.22 Laporan Analisis.....	53
Gambar 3.23 LF Spectrum.....	54
Gambar 4.1 3D Surface Pengaruh Tekanan dan Arus terhadap Akselerasi.....	59
Gambar 4.2 3D Surface Pengaruh Tekanan dan Cutting Speed terhadap Akselerasi.	60
Gambar 4.3 3D Surface Pengaruh Arus dan Cutting Speed terhadap Akselerasi.	61
Gambar 4.4 3D Surface Pengaruh Tekanan dan Arus terhadap Kecepatan.	62
Gambar 4.5 3D Surface Pengaruh Tekanan dan Cutting Speed terhadap Kecepatan.	63
Gambar 4.6 3D Surface Pengaruh Arus dan Cutting Speed terhadap Kecepatan.	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Vibration Instrumentation Capabilities By Classification (Renwick and Babson, 1985).....	11
Tabel 2.2 Konversi Antar Elemen Amplitudo (Mike, 2024).	14
Tabel 2.3 Konversi Satuan Pengukuran Getaran (Fluke, 2020).	18
Tabel 2.4 Status Alarm Limit (Feriyanto, 2018).....	23
Tabel 2.5 Batasan umum (untuk mesin besar dan rigid foundation, ISO 10816-3):	26
Tabel 3.1 Variabel Independen untuk Prediksi Getaran Eksperimental.....	33
Tabel 3.2 Data Pengujian Vibrasi	34
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Vibrasi	57
Tabel 4.2 Batasan dan Tujuan Optimasi Variabel Proses terhadap Respon Getaran (RMS dan Percepatan)	65
Tabel 4.3 Hasil Solusi Optimasi	66
Tabel 4.4 Analisis Statistik Respon Getaran.....	67

Vibration Analysis Of CNC Plasma Cutting Machine

Imam Tantowi¹, Amrifan Saladin Mohruni ¹, Agung Mataram¹

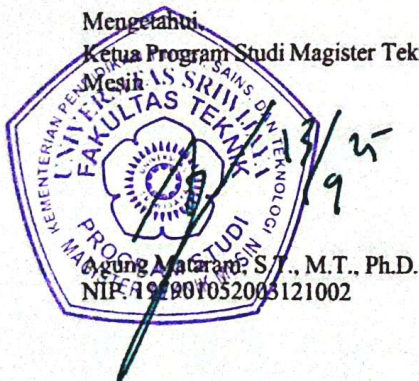
(Department Mechanical Engineering, Universitas Sriwijaya, South Sumatera, Indonesia)

Abstract:

This research investigates the vibration behavior of a CNC Plasma Cutting machine as part of a predictive maintenance approach. The study focuses on the influence of three process parameters: pressure, current, and cutting speed, with vibration RMS and acceleration ($a(g)$) as the measured responses. Vibration data were collected using a Vibration Analyzer and Bearing Defender. The results were analyzed through descriptive statistics, 3D surface plots, and multi-response optimization using the desirability function method. Findings indicate that pressure has the most significant impact on increasing vibration levels, while higher current tends to reduce fluctuations and stabilize the system. Cutting speed presents a non-linear effect, where excessive speed leads to increased vibration, and moderate speed results in lower vibration levels. Among 20 experimental combinations, the optimal configuration was found at 5.016 bar pressure, 72.838 A current, and 520.944 mm/min cutting speed. This combination yielded an RMS value of 0.282 mm/s and acceleration of 0.023 m/s^2 , achieving a desirability score of 0.618. The study concludes that vibration analysis is a reliable method for monitoring CNC plasma cutting machine conditions, providing insight into early-stage mechanical failures and supporting data-driven maintenance decisions. By identifying the optimal process parameters, this research contributes to improving operational stability and efficiency in CNC cutting systems.

Keywords: CNC Plasma Cutting, Vibration Analysis, RMS, Acceleration, Desirability Function, Predictive Maintenance.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Teknik
Mesin



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP.19640911199903121002

Palembang,
Pembimbing

2025

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

Analisis Getaran Mesin CNC Plasma Cutting

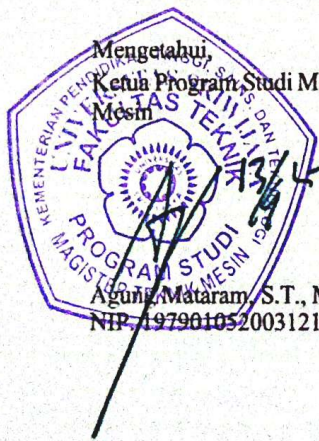
Imam Tantowi¹, Amrifan Saladin Mohruni¹, Agung Mataram¹

(Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia)

Abstrak:

Penelitian ini mengkaji perilaku getaran pada mesin CNC Plasma Cutting sebagai bagian dari pendekatan predictive maintenance. Studi ini berfokus pada pengaruh tiga parameter proses: tekanan, arus, dan kecepatan potong, dengan respon getaran RMS dan percepatan ($a(g)$) sebagai parameter terukur. Data getaran dikumpulkan menggunakan Vibration Analyzer dan Bearing Defender. Hasil penelitian dianalisis melalui statistik deskriptif, plot permukaan 3D, serta optimasi multi-respon menggunakan metode fungsi desirability. Temuan menunjukkan bahwa tekanan memiliki pengaruh paling signifikan dalam meningkatkan tingkat getaran, sedangkan arus yang lebih tinggi cenderung mengurangi fluktuasi dan menstabilkan sistem. Kecepatan potong menunjukkan efek non-linear, di mana kecepatan yang terlalu tinggi meningkatkan getaran, sementara kecepatan sedang menghasilkan tingkat getaran yang lebih rendah. Dari 20 kombinasi percobaan, konfigurasi optimal ditemukan pada tekanan 5,016 bar, arus 72,838 A, dan kecepatan potong 520,944 mm/menit. Kombinasi ini menghasilkan nilai RMS sebesar 0,282 mm/s dan percepatan 0,023 m/s², dengan skor desirability sebesar 0,618. Penelitian ini menyimpulkan bahwa analisis getaran merupakan metode yang andal untuk memantau kondisi mesin CNC Plasma Cutting, memberikan wawasan mengenai potensi kegagalan mekanis pada tahap awal, serta mendukung keputusan perawatan berbasis data. Dengan mengidentifikasi parameter proses yang optimal, penelitian ini berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas operasional dan efisiensi sistem pemotongan CNC.

Kata kunci: CNC: Plasma Cutting, Analisis Getaran, RMS, Percepatan, Fungsi Desirability, Predictive Maintenance.



Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Teknik
Mesin

Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP.197901052003121002

Palembang,
Pembimbing

2025

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemesinan plasma yang menggunakan teknik pemotongan termal konvensional biasanya menghasilkan permukaan yang kasar. Selain itu, biayanya sangat mahal untuk pekerjaan tertentu, dan yang terpenting, komputer digunakan di mana-mana saat ini. Karena semua alasan ini, teknik pemotongan konvensional digantikan oleh penggunaan mesin plasma *CNC*. Pemotongan plasma *CNC* adalah teknik pemrosesan termal yang menggunakan plasma (gas terionisasi dan media transfer listrik) untuk mentransfer energi listrik dari sumber listrik ke bahan yang sedang diproses, seperti yang diarahkan oleh obor dan di bawah pelindung gas pengganti. Transfer Metode ini dikembangkan sebagai salah satu cabang pengelasan busur tungsten pada tahun 1957 (*Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*) dan telah mencapai masa kini karena peningkatan kualitas pemotongan, keandalan sistem, dan ketahanan bahan habis pakai (Çelik, 2013).

Metode pemotongan ini memungkinkan bahan yang berbeda dipotong pada kecepatan, arus listrik, dan tegangan busur yang berbeda. Kualitas pemotongan dan efisiensi alat bergantung pada obor plasma (Tuladhar *et al.*, 2024).

Fungsi obor adalah untuk menghasilkan sinar, sinar plasma geometris dan menempelkan sinar pada bagian tersebut. Pembakar terletak di ujung selang yang tertutup dan dikendalikan oleh generator aliran. Elektroda, pelindung, nosel, cincin gas, cincin berputar, dan wadah pelindung digunakan dalam sumbu pembakaran. Gas plasma esensial seperti udara, oksigen dan argon terkandung dalam paket tabung obor, serta senyawa pelindung seperti air dan CO₂. Ketika gas inert menerima energi, kecepatan molekul gas meningkat, terjadi tumbukan yang lebih kuat dan akibatnya, suhu meningkat (Matouk *et al.*, 2021).

Penggunaan proses pemotongan busur plasma dalam industri memiliki banyak keunggulan unik dan teknologi hemat biaya dibandingkan metode pemotongan lainnya (M Erbilin and O Çakır, 2019).

Seiring berjalannya waktu, pemakaian mesin yang berkelanjutan dapat mengakibatkan beberapa komponen mesin memerlukan perbaikan dan perawatan terutama pada penggunaan mesin *CNC plasma cutting*. Mesin ini melakukan pergerakan pemotongan dan sering kali terjadi pergerakan yang menimbulkan getaran berupa benturan terhadap lintasan rel. Oleh karena itu, salah satu metode perawatan yang bisa dilakukan dengan melakukan analisis getaran ialah metode vibrasi. Metode vibrasi adalah teknik perawatan mesin yang efektif melalui analisis karakteristik dan sinyal getaran, sehingga dapat diketahui kondisi atau kerusakan yang terjadi tanpa perlu membongkar atau menghentikan mesin. Metode ini memerlukan alat analisis getaran untuk mengolah data yang memberikan informasi mengenai kondisi serta kerusakan mesin, sekaligus memberikan rekomendasi untuk tindakan perawatan yang diperlukan (Ahmed and Nandi, 2022).

Vibration Analysis (VA) merupakan analisis getaran dengan teknik yang paling sering digunakan dalam pemeliharaan prediktif. Teknik ini membantu dalam menurunkan diagnosis kesalahan, terutama pada tahap awal. Pentingnya penggunaan *VA* terletak pada pengurangan biaya pemeliharaan dan penghematan waktu henti, serta dalam pengambilan keputusan terkait perbaikan dan penggantian total. Metode ini telah diterapkan di berbagai industri dan telah terbukti efektif. *VA* dapat digunakan untuk peralatan berputar, tidak berputar, proses kontinu, maupun struktur konstruksi (Chu *et al.*, 2024).

Pemeliharaan prediktif tetap menjadi solusi yang efisien secara biaya bagi departemen pemeliharaan dalam menangani masalah mesin pabrik serta menyusun jadwal perbaikan. Informasi yang berkualitas menjadi elemen kunci dalam merancang program pemeliharaan prediktif yang efektif. Penggunaan analisis getaran dalam pemeliharaan prediktif telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam mendiagnosis masalah mesin. Manfaat dari program ini tidak hanya terbatas pada penghematan biaya yang jelas, seperti pengurangan waktu henti mesin dan kerugian produksi, tetapi juga mencakup manfaat biaya jangka panjang yang lebih baik berkat penjadwalan pemeliharaan yang tepat (Romanssini *et al.*, 2023).

Di antara berbagai teknologi yang digunakan untuk pemeliharaan prediktif, analisis getaran telah muncul sebagai alat yang berharga. Dengan menganalisis pola getaran mesin, penyimpangan dan tanda-tanda awal kegagalan dapat dideteksi. Pemantauan getaran telah terbukti menjadi teknik yang efektif untuk mendeteksi kesalahan komponen mekanis (Shukla, Nefti-Meziani and Davis, 2022). Getaran adalah gerakan osilasi peralatan di sekitar posisi setimbangnya. Perubahan amplitudo atau frekuensi sinyal menunjukkan kegagalan mekanis.

Pengukuran getaran telah banyak dilakukan dengan menggunakan *Vibration analyzer*, termasuk pengukuran getaran mesin *CNC Milling* (Al-naggar *et al.*, 2023). Salah satu kelebihan dari *Vibration analyzer* ialah mampu mengetahui kondisi mesin serta menghemat anggaran perbaikan dan produksi.

Berdasarkan terjadinya getaran pada mesin pemotong plasma *CNC*, maka perlu dilakukan penyelidikan untuk mengetahui besarnya parameter getaran yang dapat mengganggu hasil pemesinan dengan mengetahui parameter pemotongan yang optimal (Hang *et al.*, 2020). Model berbasis data saat ini sering kali mengabaikan atau kurang memanfaatkan data getaran, yang dapat menjadi penting untuk mengidentifikasi kesalahan mekanis. Atas pemikiran inilah yang menarik perhatian penulis untuk melakukan penelitian yang berjudul: “*Vibration Analysis of CNC Plasma Cutting Machine*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisis karakteristik getaran pada mesin *CNC Plasma Cutting* dengan menggunakan alat *Vibration Analyzer* guna mendeteksi indikasi awal kerusakan. Analisis ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat mengenai kondisi dinamis mesin, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penerapan strategi pemeliharaan prediktif yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan untuk meminimalkan risiko kegagalan komponen serta menjaga kontinuitas proses produksi.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan rumusan masalah yang diuraikan diatas, maka dapat disusunlah suatu batasan masalah sebagai berikut :

1. Mesin yang digunakan adalah mesin pemotong plasma *CNC FLEXIGRAPH-Smart* sistem KOIKE D430.
2. Material yang digunakan adalah baja karbon SS400.
3. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Vibration Analyzer dan Bearing defender.
4. Variabel terikat yang digunakan yaitu *velocity dan acceleration*
5. Variabel bebas yang digunakan yaitu tekanan, arus, dan kecepatan potong

1.4 Tujuan

Sehubungan dengan perumusan dan batasan masalah diatas, maka tujuan peneliti melakukan penelitian ini adalah :

1. Analisis kerusakan yang dialami oleh mesin pemotong plasma *CNC*.
2. Menganalisis nilai hasil vibrasi yang didapatkan dari hasil pengukuran pada mesin pemotong plasma *CNC*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Sebagai ilmu dan wawasan tambahan bagi peneliti.
2. Dapat memberikan kajian pustaka yang akan memperluas keilmuan untuk para pembaca sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Abidin, Z. and Heryadi, B. (2013) 'Penentuan Parameter Pengukuran Nilai RMS Getaran untuk Meningkatkan Ketelitian Pengukuran', (Snttm Xii), pp. 23–24.
- Agnitias, R.S. and Rusiyanto, R. (2019) 'Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Lebar Pemotongan dan Kekerasan pada Baja Karbon Sedang dengan CNC Plasma Arc Cutting', *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 4(2), pp. 99–104. Available at: <https://doi.org/10.21831/dinamika.v4i2.27391>.
- Ahmed, H.O.A. and Nandi, A.K. (2022) 'Vibration Image Representations for Fault Diagnosis of Rotating Machines: A Review', *Machines*, 10(12), pp. 1–36. Available at: <https://doi.org/10.3390/machines10121113>.
- Akhlaghi, M.A., Bagherpour, R. and Hoseinie, S.H. (2024) 'Real-time monitoring of disc cutter wear in tunnel boring machines: A sound and vibration sensor-based approach with machine learning technique', *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2024.04.030>.
- Akkuş, H. and Yaka, H. (2021) 'Experimental and statistical investigation of the effect of cutting parameters on surface roughness, vibration and energy consumption in machining of titanium 6Al-4V ELI (grade 5) alloy', *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 167(June 2020). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108465>.
- Al-naggar, Y.M. *et al.* (2023) 'ScienceDirect Condition monitoring based on IoT for predictive maintenance of CNC machines', *Procedia CIRP*, 102(March), pp. 314–318. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.09.054>.
- Amrullah (2019) 'Pengukuran Serta Nalisa Getaran Dan Kebisingan Pada Spindle Mesin Bubut Run Master Model No . Run-330X1000Rr Dengan Serial No . 08210810081 Kebisingan Pada Spindle Mesin Bubut Run Master Model No . Run-330X1000Rr', *Jurnal Teknik*, (08210810081), pp. 1–77.
- Arthur (2018) *measure phase difference with an oscilloscope*, *edn*. Available at: <https://www.edn.com/measure-phase-difference-with-an-oscilloscope/> (Accessed: 11 October 2024).
- Baldovino, R.G. (2015) *Parameters of CNC plasma cutting machine operation*, *researchgate*. Available at: https://www.researchgate.net/figure/Parameters-of-CNC-plasma-cutting-machine-operation_fig5_291336407 (Accessed: 7 October 2024).
- Bielawski, P.J. (2012) 'Measurement and Evaluation of Mechanical Vibration of Reciprocating Machines', 1(61).
- Bilosova, A. and Bilos, J. (2012) 'Vibration diagnostics', *Ostava. Leuven, Belgium* [Preprint].

- Breaz, R.E. *et al.* (2009) 'Method for improving the contouring accuracy for CNC profiling machines at the shop floor level', *IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, (April 2015), pp. 813–818. Available at: <https://doi.org/10.1109/INDIN.2009.5195907>.
- Çelik, Y.H. (2013) 'Investigating the effects of cutting parameters on materials cut in CNC plasma', *Materials and Manufacturing Processes*, 28(10), pp. 1053–1060. Available at: <https://doi.org/10.1080/10426914.2013.773015>.
- Chu, T. *et al.* (2024) 'A review of vibration analysis and its applications', *Heliyon*, 10(5), p. e26282. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26282>.
- Chuangwen, X. *et al.* (2018) 'The relationships between cutting parameters, tool wear, cutting force and vibration', *Advances in Mechanical Engineering*, 10(1), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1177/1687814017750434>.
- Cooling, H. (2021) 'Optimization Research of Machining Parameters for Cutting'.
 Dickshon (2024) *pengertian frekuensi cara menghitung frekuensi, tekni elektronika*. Available at: <https://tekni elektronika.com/pengertian-frekuensi-cara-menghitung-frekuensi/> (Accessed: 10 October 2024).
- Dwi Nur Cahyo, H. (2015) 'Optimalisasi Analisa Vibrasi Untuk Mendeteksi Gejala Misalignment Pada Mesin Berputar', *Jurnal keilmuan dan Terapan Teknik*, 04, pp. 32–54.
- Feriyanto (2017) *vibrasi pada rotating equipment, caesarvery*. Available at: <https://www.caesarvery.com/2017/04/vibrasi-pada-rotating-equipment-dan.html> (Accessed: 17 October 2024).
- Feriyanto (2018) *vibrasi pada rotating equipment, www.caesarvery.com*.
- Fitzpatrick, R. (2013) 'Oscillations and Waves', *Oscillations and Waves* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1201/b14579>.
- Fluke (2020) *Condition Monitoring Systems, pruftechnik*. Available at: https://www.pruftechnik.com/fileadmin/Products-Services/Products/Condition-Monitoring-Systems/_pdf_Downloads_Common/Condition-Monitoring_LIT_01.407_en-2.pdf (Accessed: 11 October 2024).
- Hace, A. and Jezernik, K. (2003) 'The open CNC controller for a cutting machine', *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology*, 2, pp. 1231–1236.
- Hang, P.T. *et al.* (2020) 'An investigation on the effect of cutting parameters in CNC plasma cutting process for carbon steel', *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 3(4), pp. 831–842. Available at: <https://doi.org/10.31817/vjas.2020.3.4.06>.
- Introduction, I. (1989) 'CAD / CAM : Managerial Challenges and Research Issues', 36(3), pp. 202–215.
- Ivctechnologies (2019a) *Relative Phase Example, ivctechnologies*. Available at: <https://ivctechnologies.com/wp-content/uploads/2019/08/Relative-Phase-Example.png> (Accessed: 10 October 2024).

- Ivctechnologies (2019b) *vibration phase analysis why every analyst should understand it*, ivctechnologies. Available at: <https://ivctechnologies.com/2019/08/29/vibration-phase-analysis-why-every-analyst-should-understand-it/> (Accessed: 10 October 2024).
- Jack Westin (2024) *periodic motion*, jackwestin. Available at: <https://jackwestin.com/resources/mcat-content/periodic-motion/amplitude-frequency-phase> (Accessed: 10 October 2024).
- Kim, S. *et al.* (2022) 'Analysis of Plasma Cutting Characteristics by the Vibration Signal of a Base Material', *Journal of Welding and Joining*, 40(6), pp. 533–539. Available at: <https://doi.org/10.5781/jwj.2022.40.6.9>.
- Kudrna, L., Fries, J. and Merta, M. (2019) 'Influences on plasma cutting quality on CNC machine', *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, 2(1), pp. 108–117. Available at: <https://doi.org/10.2478/mape-2019-0011>.
- Liza, F.P. *et al.* (2015) 'Development of a Low-Cost controller for the 3-Axis computer Numerically-Controlled (CNC) plasma cutting machine', *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2219(October), pp. 372–376.
- M Erbilien and O Çakır (2019) 'Effects of process parameters in plasma arc cutting on stainless steels and structural steel', 25(1), pp. 23–25.
- Matouk, Z. *et al.* (2021) 'Functionalization of cellulose nanocrystal powder by non thermal atmospheric-pressure plasmas', *Cellulose*, 28(10), pp. 6239–6252. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10570-021-03927-2>.
- Mbludus (2019) *Mengenal-modal-analysis*, mbludus. Available at: <https://mbludus.com/mengenal-modal-analysis/> (Accessed: 17 October 2024).
- Mike (2024) *vibration analysis*, swelectric. Available at: <https://www.swelectric.com/articles/vibration-analysis/> (Accessed: 11 October 2024).
- Muruganantham, B. (2022) 'Introduction to vibration based monitoring', (November). Available at: www.honeywell.com.
- Pérez, E.T. *et al.* (2016) 'Study of vibration severity assessment for Machine Tool spindles within Condition Monitoring', *Revista de Investigacion Operacional*, 39(1), pp. 1–22. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00521-024-09893-7> <http://dx.doi.org/10.1016/j.neunet.2012.09.018>.
- R, R., BW, K. and Juniani, A.I. (2016) 'Optimasi Parameter Mesin Laser Cutting Terhadap Kekasaran Dan Laju Pemotongan Pada Sus 316L Menggunakan Taguchi Grey Relational Analysis Method', *J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 11(2), p. 97. Available at: <https://doi.org/10.14710/jati.11.2.97-106>.
- Renann (2015) *Mechanical motion of the CNC plasma cutting system*, researchgate. Available at: https://www.researchgate.net/figure/Mechanical-motion-of-the-CNC-plasma-cutting-system_fig2_291336407 (Accessed: 7 October 2024).
- Renwick, J.T. and Babson, P.E. (1985) 'Vibration Analysis - a Proven Technique As a Predictive Maintenance Tool.', *IEEE Transactions on Industry Applications*, IA

- 21(2), pp. 324–332. Available at: <https://doi.org/10.1109/TIA.1985.349652>.
- Rizkiawan, D. and Sumbodo, W. (2020) ‘Pengaruh Variasi Tekanan Udara Pada Pemotongan Plat Baja St 37 Menggunakan Cnc Plasma Cutting Terhadap Struktur Mikro, Kerf Dan Kekerasan’, *Jurnal Kompetensi Teknik*, 12(2), pp. 6–12. Available at: <https://doi.org/10.15294/jkomtek.v12i2.21152>.
- Da Rocha, P.A.S., De Silva E Souza, R.D. and De Lima Tostes, M.E. (2010) ‘Prototype CNC machine design’, *2010 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications, INDUSCON 2010* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1109/INDUSCON.2010.5740068>.
- Rochim, A.M.F.N., Yaningsih, I. and Sukanto, H. (2017) ‘The Effect of Cutting Fluids and Cutting Speeds to The Vibrations of Milling CNC Machine’, *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, 16(2). Available at: <https://doi.org/10.20961/mechanika.v16i2.35054>.
- Romanssini, M. *et al.* (2023) ‘A Review on Vibration Monitoring Techniques for Predictive Maintenance of Rotating Machinery’, *Eng*, 4(3), pp. 1797–1817. Available at: <https://doi.org/10.3390/eng4030102>.
- Şahinoğlu, A. and Rafighi, M. (2021) ‘Investigation of tool wear, surface roughness, sound intensity, and power consumption during hard turning of AISI 4140 steel using multilayer-coated carbide inserts’, *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 9(4 B), pp. 377–395. Available at: <https://doi.org/10.36909/jer.8783>.
- Samnur, Ilham Jaya and Ridwan D. Mahande (2010) ‘Analisis Hubungan Getaran dengan Temperatur Kerja pada Mesin Mil Fan 412’, *Teknologi*, 11(3), pp. 173–180.
- Shukla, K., Nefti-Meziani, S. and Davis, S. (2022) ‘A heuristic approach on predictive maintenance techniques: Limitations and scope’, *Advances in Mechanical Engineering*, 14(6), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1177/16878132221101009>.
- Simanjutak, P. (2015) ‘Analisis Getaran Pada Generator Dan Motor Bensin Mesin Pemasak Kacang Tanah’, (2504), pp. 1–9.
- Tuladhar, U. *et al.* (2024) ‘Numerical analysis and Schlieren visualization of gas flow dynamics inside the plasma arc cut kerf with curved cutting fronts’, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 159(PA), p. 108075. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.108075>.
- Wang, Q. *et al.* (2023) ‘Tribological Behavior Characterization and Fault Detection of Mechanical Seals Based on Face Vibration Acceleration Measurements’, *Lubricants*, 11(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/lubricants11100430>.
- Yusuf, M. and Carles, H. (2020) ‘Analisa Kekasaran Permukaan Terhadap Kekerasan Material Pada Proses Milling Dengan Variasi Kecepatan Feeding’, *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), p. 57. Available at: <https://doi.org/10.22441/jtm.v8i2.4565>.