

20
20



JURNAL AHLI MUDA
INDONESIA

ISSN (p) : 2722-4414
ISSN (e) : 2722-4406

Vol. 1 No. 2

AKN PUTRA SANG FAJAR
BLITAR

JURNAL AHLI MUDA
INDONESIA

Jurnal hasil penelitian terapan yang di
diterbitkan oleh Akademi Komunitas Negeri
Putra Sang Fajar Blitar



Jl. dr. Sutomo No. 51 Kota Blitar
Telp./Fax : (0342) 0342-814644
E-Mail : jami@akb.ac.id

Title: Dampak Pandemi Virus Covid-19 Terhadap Keputusan Menggunakan E - Learning Di Politeknik Piksi Ganesha Bandung	106-115
Authors: Tiris Sudrartono ,Wiwi warsiati	
<hr/>	
Title: Analisa Hubungan Budaya Sekolah Terhadap Pembinaan Disiplin Siswa Menggunakan Metode Likert di SPSS (Studi Kasus di SMPN 4 Pariaman)	116-125
Authors: Novebri	
<hr/>	
Title: Pengaruh Variasi Jarak Sumber Cahaya Terhadap Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Antosianin Bunga Rossela	126-133
Authors: Rafika Andari	
<hr/>	
Title: Kajian Game Streaming Dan Kerentanan Streamer Di Nimo TV	134-143
Authors: Khairul Syafuddin	
<hr/>	
Title: Kualitas Kimia Pupuk Cair Organik Limbah Air Rebusan Bakso Dengan Bioaktivator Berbagai Mol Varietas Bonggol Pisang	144-153
Authors: Selvy Dwi Cahyani, M. Hilmi, D. Triasih, A. H. Achmad, N. R. Amalia	
<hr/>	
Title: Rancangan Sistem Informasi Berbasis Web Untuk Mengatasi Perbaikan Mesin Menggunakan Group Tecnology	154-162
Authors: Dimas Setiawan, Suluh Langgeng Wicaksono, Naufal Rafianto	
<hr/>	
Title: Pengaruh Geometri Pahat Variabel Helix Angle Pada Parameter Mesin Cnc Milling Vertikal Berbasis Mikrokontroler Terhadap Nilai Getaran Chatter	163-172
Authors: Festo Andre Hardinsi, Oyong Novareza, Achmad As'ad Sonief	
<hr/>	
Title: Konsentrasi Penggunaan Tepung Umbi Uwi (<i>Dioscorea spp.</i>) Sebagai Prebiotik terhadap Kualitas Kimia dan Kualitas Mikrobiologi Salami Daging Ayam Pedaging	173-183
Authors: Dyah Triasih, Y. O. Linata, M. Hilmi, A. U. Prastujati, S. Ton	
<hr/>	
Title: Mengembangkan AKNI Dengan Blue Ocean Strategy	184-194
Authors: Pudji Herijanto	
<hr/>	
Title: Penggunaan Hasil Motion Capture (Data BVH) Untuk Menganimasikan Model Karakter 3D Agar Menghasilkan Animasi Yang Humanoid	195-202
Authors: Heri Priya Waspada, Ismanto, Firman Hidayah	

PENGARUH GEOMETRI PAHAT VARIABEL *HELIX ANGLE* PADA PARAMETER MESIN CNC *MILLING* VERTIKAL BERBASIS MIKROKONTROLER TERHADAP NILAI GETARAN *CHATTER*

Festo Andre Hardinsi¹, Oyong Novareza², Achmad As'ad Sonief³

^{1,3} Program Studi Teknik Mesin, ² Program Studi
Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas
Brawijaya
e-mail : novareza15@ub.ac.id¹, sonief@ub.ac.id²

Penulis korespondensi. Festo Andre Hardinsi, Program
Studi Teknik Industri Manufaktur, Fakultas Teknik,
Universitas Brawijaya,
e-mail : festoandrehardinsi@yahoo.com

ARTIKEL INFO

Artikel History:

Menerima 12 Mei 2020

Revisi 17 Mei 2020

Diterima 18 Mei 2020

Tersedia Online 30 Desember
2020

Kata kunci :

Chatter,
VHA 40/42,
SLD,
FFT.

A B S T R A K

Objektif. Getaran yang sering terjadi pada pengerjaan proses produksi menggunakan permesinan CNC milling merupakan hal yang sangat penting untuk diperhitungkan. Getaran ini dapat menyebabkan perubahan dimensi dan mempengaruhi tingkat kualitas benda kerja yang dihasilkan, sehingga efek getaran chatter atau self-excited vibration pada proses pengerjaan produksi menjadi masalah utama dalam proses permesinan milling. Nilai getaran chatter ditentukan menggunakan grafik SLD secara ekperimental untuk mengetahui batas antara chatter free dan chatter occurs.

Material and Metode. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Stainless steel 304, dengan menggunakan sensor MPU 6050 yang terhubung pada mikrokontroler Arduino Uno menggunakan software LabVIEW 2019 student edition yang digunakan untuk mengidentifikasi nilai acceleration getaran chatter. Besar nilai acceleration diukur menggunakan FFT menggunakan software DIAdem 2019 student. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dalam bentuk eksperimental, dengan geometri pahat Variabel Helix Angle (VHA) 2 variasi sudut yaitu 40/42 (Derajat), Spindel Speed sebesar 2000,2500,3000 (RPM) , Axial Depth Of Cut sebesar 0.5, 1.0, 1.5 (mm), dan Feed Rate sebesar 100, 125 dan 150 (mm/s).

Hasil. Hasil pada Grafik Stability Lobe Diagram yang didapatkan pada proses permesinan slot milling menggunakan pahat variable helix angle 40/42 derajat dengan feed rate 150 mm/mnt memiliki chatter free yang lebih tinggi dibandingkan dengan feed rate 100 dan 125 mm/mnt.

Kesimpulan. Dari hasil yang didapatkan bahwa semakin tinggi nilai feed rate maka nilai acceleration getaran chatter semakin rendah. Untuk pengembangan dalam penelitian selanjutnya maka perlu dilakukan pemilihan parameter geometri pahat dengan variasi 3 sudut mata pahat untuk mengetahui nilai getaran chatter yang signifikan.

ARTICLE INFO*Artikel History:*

Received 12 Mei 2020

Revision 17 Mei 2020

Accepted 18 Mei 2020

Available Online 30

December 2020

Keywords :

Chatter,

VHA 40/42,

SLD,

FFT

A B S T R A C T

Objective. The vibration that often occurs in the production process using CNC milling is significant to be taken into account. This vibration can cause dimensional changes and affect the quality of the workpiece produced. Therefore, the effect of chatter vibration or self-excited vibration on the production process becomes a significant problem in the milling machining process. Chatter vibration values can be determined using experimental SLD to determine boundary between free chatter and chatter occur.

Materials and Methods. The material used in this study is stainless steel 304, using the MPU 6050 sensor connected to Arduino Uno microcontroller using LabVIEW 2019 student edition software to identify chatter vibration acceleration. Acceleration is measured using FFT using 2019 student DIAdem software. The method used is experimental, geometry Variable Helix Angle 2 angular 40/42 (Degrees), Spindel Speed of 2000,2500,3000 (RPM), Axial Depth Of Cut of 0.5, 1.0, 1.5 (mm), and Feed Rate of 100, 125, and 150 (mm / s).

Results. Results in the Graph Lobe Stability Diagram obtained in slot milling machining process using a variable helix angle of 40/42 degrees with a feed rate of 150 mm/min have higher chatter-free compared to feed rates of 100 and 125 mm / min.

Conclusion. The results show that higher the value of feed rate, chatter vibration acceleration value is lower. For further development in research, it is necessary to select tool geometry parameters with variations of 3 tool eye angles to determine chatter vibration significantly.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, kemajuan bidang keteknikan, sains, dan teknologi mempengaruhi perkembangan dalam dunia industri dan manufaktur. Proses produksi pada bidang otomotif, *aerospace*, *mould industries*, hingga kemiliteran membutuhkan tingkat efisiensi produksi, produktivitas dan *high precision product* yang tinggi sehingga memenuhi kebutuhan pasar dan permintaan yang ada. Dalam upaya memenuhi perihal tersebut, diperlukan kualitas mesin perkakas yang digunakan, pemilihan parameter dalam proses permesinan, hingga pemilihan metode-metode yang tepat. Perkembangan teknologi telah ditingkatkan secara signifikan yang diterapkan pada peralatan dan mesin - mesin produksi di berbagai bidang industri, terutama di industri logam. Salah satu tantangan utama dalam industri logam adalah meningkatnya jumlah permintaan konsumen dengan produk yang memiliki sifat ketahanan anti korosi.

Bahan yang memiliki sifat ketahanan anti korosi adalah *Stainless steel austenitic*. Tipe *Stainless steel* 304 merupakan jenis *steel austenitic* yang memiliki unsur kromium, nikel, dan karbon. oleh karena itu, *stainless steel* 304 umumnya digunakan dalam pembuatan mur baut, pegas, sekrup, sendok garpu dan lain-lain AISI 304 *Stainless steels austenitic* dapat ditemukan pada aplikasi pesawat terbang, komponen Aerospace seperti Bushing, poros, katup, sekrup Namun untuk meningkatkan efisien kerja dan waktu proses produksi diperlukan suatu permesinan dalam membuat desain produk Salah satu mesin produksi yang tepat untuk menghadapi perihal tersebut adalah mesin *vertical milling center*. Karakteristik getaran dinamis yang bekerja dalam arah *vertical* dapat menimbulkan simpangan yang bervariasi (Simon Ka'Ka, Himran, Renreng, & Sutresman, 2019).

Mesin *vertical milling center* adalah jenis mesin CNC dengan putaran spindle utama pada posisi vertikal. Efek getaran *chatter* atau *self-excited vibration* pada proses pengerjaan produksi menjadi masalah utama dalam proses permesinan *milling*. Efek getaran ini dapat menyebabkan perubahan dimensi sehingga mempengaruhi tingkat desain produk (Mamilla, Srinivasulu, & Mani, 2016). *Chatter* merupakan getaran *self-excited* yang dapat terjadi selama operasi permesinan dan menjadi batasan umum untuk produktivitas dari sisi bagian kualitas (Quintana & Ciurana, 2011). *Chatter* dapat terjadi dalam proses permesinan antara lain permesinan *turning* (Kashyzadeh & Ghorabi, 2012), *milling* (Amin, Patwari, Sharulhazrin, & Hafizuddin, 2010), *drilling* (Mehrabadi, Nouri, & Madoliat, 2010) dan *grinding*, (Hassui & Diniz, 2013) *Chatter* diklasifikasikan dalam dua kategori yang berbeda yaitu primer dan sekunder. kategori primer yaitu *chatter* yang dihasilkan pada proses pemotongan seperti, yaitu gesekan antara alat dan benda kerja (Wiercigroch & Krivtsov, 2011). Dalam kategori sekunder, *chatter* disebabkan oleh efek regenerasi permukaan bergelombang pada benda kerja (Siddhpura & Paurobally, 2012).

Efek *chatter* dalam proses permesinan dapat mengakibatkan, kerusakan pahat, kebisingan yang berlebihan, ketidak akuratan, dan permukaan yang buruk (Salcedo, Rodriguez, & Ochoa, 2018) Untuk mengurangi terjadinya getaran *chatter* yang berlebihan pada permesinan, diperlukan suatu cara untuk meminimalisir *chatter* pada proses pengoperasian. Selain itu, geometri pahat memiliki pengaruh pada proses pengoperasian permesinan dan tidak seharusnya diabaikan dalam pemilihan parameter. Berbagai macam bentuk sudut geometri pahat pada proses *end milling*, seperti geometri pahat *variabel helix angle* dan *regular helix angle*. Geometri *variabel helix angle* memiliki variasi sudut *helix angle* dan *pitch angle* yang berbeda. Fitur sudut geometri pahat *variabel helix angle* dan *pitch angle* yang bervariasi dapat mengoptimalkan efek regeneratif pada proses *end milling* (Yusoff, 2011).

Salah satu cara untuk mengetahui terjadinya *chatter* yang berlebihan dengan menggunakan *stability lobe diagram*. *Stability lobe diagram* merupakan diagram yang menunjukkan batas antara zona stabil dan tidak stabil dari proses pemotongan dengan menggunakan parameter *depth of cut* dan *spindle speed* sebagai parameter perbandingan. Fungsi utama dari parameter di atas, yaitu untuk menunjukkan batas antara *stable cut* dan *unstable cut* yang bertujuan untuk memberitahukan daerah mana yang disarankan dalam proses pemotongan. Daerah yang disarankan merupakan daerah yang memiliki sedikit peluang terjadinya *displacement* pada *cutting tool* yang dapat mengakibatkan efek *regenerative chatter*. *Regenerative chatter* disebabkan oleh proses pemotongan *chip* atau geram yang tidak homogen atau terjadi *overlapping cuts* sehingga menimbulkan vibrasi dan meninggalkan *wavy surface* pada benda kerja. Ketika mata sayat sebelumnya meninggalkan *waviness* pada benda kerja, mata sayat yang selanjutnya membuat *waviness* baru, pada setiap fenomena ini akan menimbulkan vibrasi yang besar pada system. Pada saat terjadi *waviness* pada benda kerja akan menimbulkan terjadinya perbedaan *phase chipload*. Hal tersebut membuat gaya pada setiap pemotongan berbeda-beda bergantung pada *displacement* mata sayat sebelumnya sehingga menimbulkan *regenerative effect*. Sesuai dengan namanya, *regenerative chatter* berlangsung secara terus menerus. *Self-excited vibrations* dapat dihentikan dengan memberikan variasi pada *tooth passing frequency* sehingga fase *chip load* tidak *out of phase* dan *regenerative effect* dari sistem tidak terjadi.

(Zhou, Zhang, Luo, & Wu, 2015) melakukan penelitian tentang *chatter stability prediction* menggunakan mesin *milling* 4 axis pada material aluminium alloy untuk *aero-engine casings*, eksperimen tersebut menggunakan pahat *bull nosed-endmill*. Penelitian tersebut menggunakan *stability lobe diagram* sehingga mendapatkan *spindle speed* dan *radial depth of cut* yang ideal untuk mengidentifikasi *chatter* dalam proses permesinan.

(Yusoff & Sims, 2011) melakukan penelitian tentang optimasi bentuk geometri pahat *variable helix* untuk mengurangi timbulnya *chatter*. Dari penelitian ini dihasilkan kesimpulan bahwa *regenerative chatter* dapat diminimalisir dengan cara menggunakan pahat *variable helix angle* dibandingkan dengan pahat biasa. Bentuk geometri atau variasi sudut helix pada pahat memberikan stabilitas yang baik pada proses pemakanan benda kerja yang mana hal tersebut mereduksi timbulnya *chatter* sehingga benda kerja yang dihasilkan memiliki kekasaran permukaan yang baik.

(Zatarain, Alvarez, Bediaga, Munoa, & Dombovari, 2015) melakukan penelitian tentang teknik mereduksi *chatter* dalam pemotongan logam. Parameter-parameter seperti *cutting force*, *dynamic force* pada sistem, *process parameter*, dan geometri pahat, ditentukan dengan menggunakan *stability lobe diagram*. Efek-efek yang ditimbulkan oleh adanya getaran vertikal yang berfluktuasi adalah dapat mempengaruhi kualitas kerja dalam suatu system, (S. Ka'Ka, Himran, Renreng, & Sutresman, 2019). Dari penelitian ini dihasilkan kesimpulan bahwa *chatter* dapat ditekan dengan cara menerapkan CSSV (*continuous spindle speed variation*), menggunakan pahat *variable helix angle*. Dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putaran *spindle* dan semakin kecil *depth of cut* yang digunakan akan mereduksi timbulnya *chatter*. Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan dari penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh parameter kecepatan *spindle speed*, kedalaman potong, dan variabel sudut *helix angle* terhadap getaran *chatter* menggunakan diagram SLD (*stability lobe diagram*).

2. MATERIAL DAN METODE

2.1 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental bertujuan untuk mencari pengaruh dari *variable helix angle and pitch tool* terhadap transformasi *stability lobe diagram* dan kekasaran permukaan dibandingkan dengan *normal helix angle and pitch tool* menggunakan mesin VMC (*Vertical Machining Center*). *Chatter control* pada proses permesinan menggunakan material *stainless steel 304*.

2.2. VARIABEL PENELITIAN

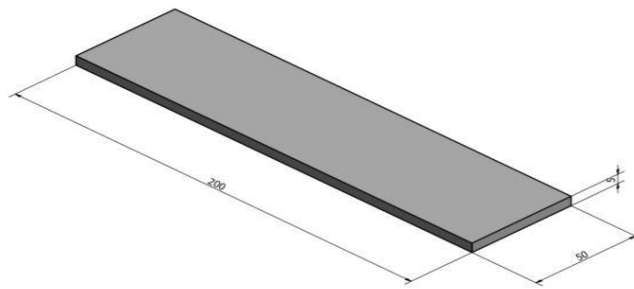
Variabel bebas yang digunakan adalah variasi *spindle speed* yang digunakan pada masing-masing *tool* berikut, dan dengan variasi *axial depth of cut*.

Tabel 1. Parameter Variabel Penelitian

Parameter	Unit			
<i>Variabel Helix Angle</i>	(derajat)	40/42		
<i>Spindel Speed</i>	(RPM)	2000	2500	3000
<i>Feed Rate</i>	(mm/s)	100	125	150
<i>Depth Of Cut</i>	(mm)	0.5	1	1.5

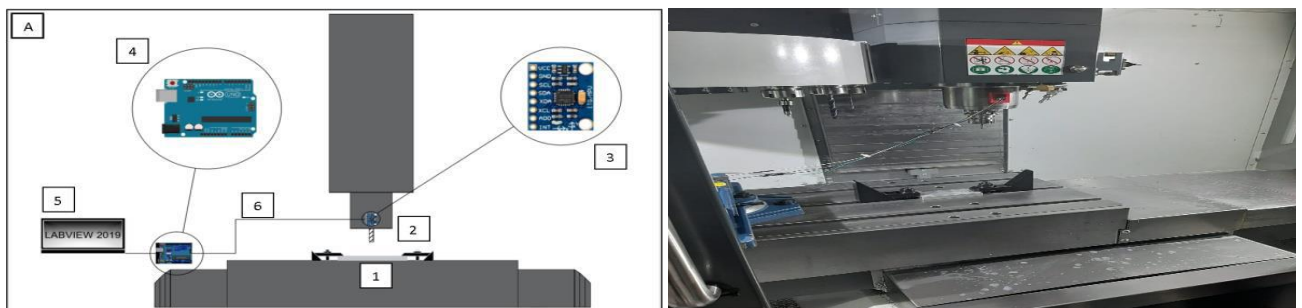
2.3 Material dan Alat

Benda kerja *stainless steel 304* berdimensi 200 x 50 x 5 mm³ digunakan dalam proses permesinan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



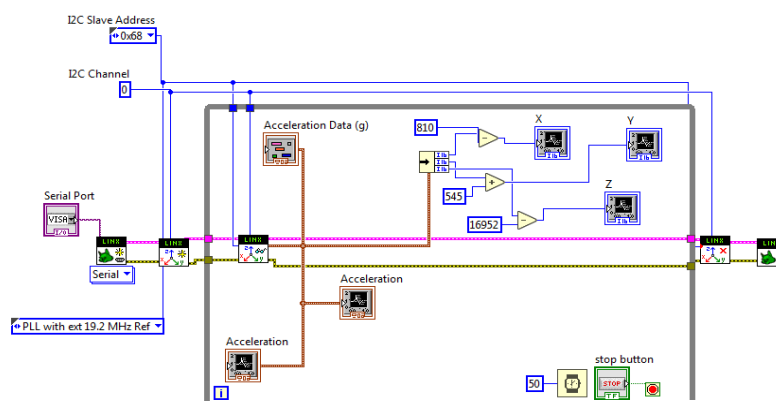
Gambar 1 Dimensi Benda Kerja

Pada Gambar 2 menunjukkan proses pemakanan benda kerja *Stainless Steel 304* (1) dipasang tepat di bawah *endmill tool* (2) yang digunakan sebagai *cutting tool* dalam proses *slot milling*. Proses pemakanan pertama menggunakan pahat variabel *helix angle* dengan mengatur putaran *spindle* (rpm) dan *feed* sehingga motor pneumatik dari mesin akan berputar menggerakkan *spindle* dan *table*. Selama proses pemakanan dilakukan pengambilan data *shifting* menggunakan *accelerometer* MPU6050 (3) kemudian data tersebut diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno (4). Mikrokontroler Arduino uno dikoneksikan ke Laptop (5) yang sudah terinstall *software* LabVIEW 2019 *version student edition* dan telah dibuat program yang bisa menerjemahkan getaran yang terjadi menjadi data dalam bentuk *time domain*, setelah itu data *time domain* di input ke dalam *software* DIAdem untuk mendapatkan



data grafik dalam bentuk FFT (*Fast Fourier Transform*). Adapun pembuatan program getaran pada *software* LabVIEW 2019 *version student edition* dapat dilihat pada Gambar 3.

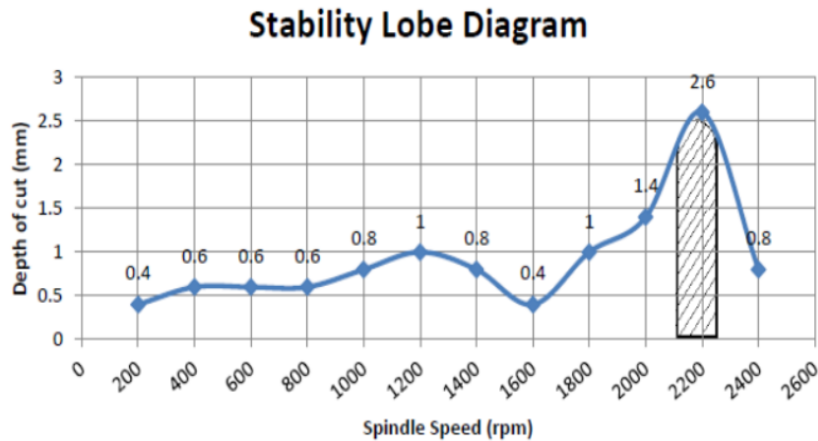
(A) **(B)**
Gambar 2 (A) Skema Penelitian dan (B) *Experimental setup*



Gambar 3. Program getaran menggunakan *software* LabVIEW 2019 *version student edition*

Pada Gambar 4 menunjukkan batas antara zona stabil dan tidak stabil dari proses pemotongan yang bergantung kepada *depth of cut* dan *spindle speed*. Sebagai fungsi dari dua parameter pemotongan ini, batas antara *stable cut* dan *unstable cut* dapat ditunjukkan dalam

stability lobe diagram. Penyusunan *stability lobe diagram* dapat dilakukan dengan *analytical method*, *semi analytical method*, dan *eksperimental method* (Palpandian, Prabhu & Satish, 2013).

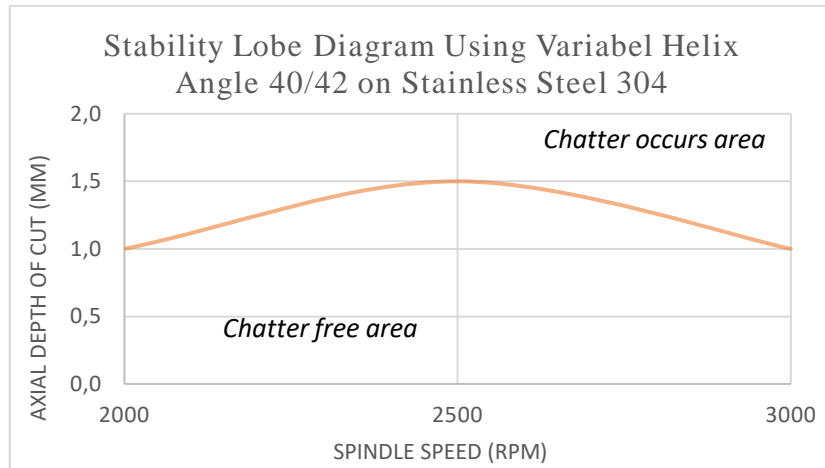


Gambar 4 *Stability Lobe Diagram*

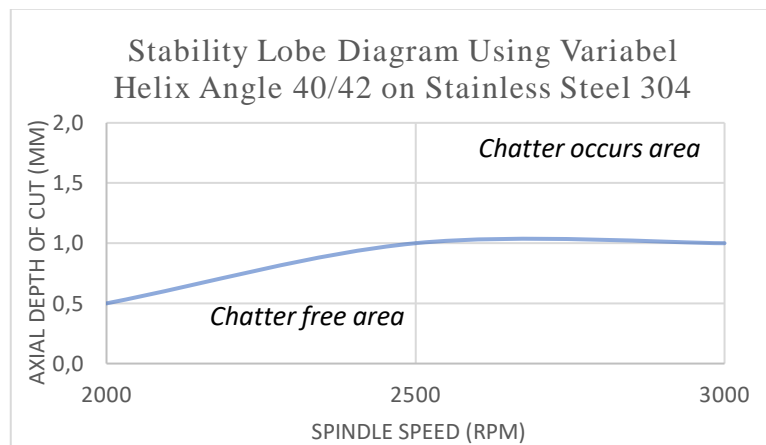
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Penelitian

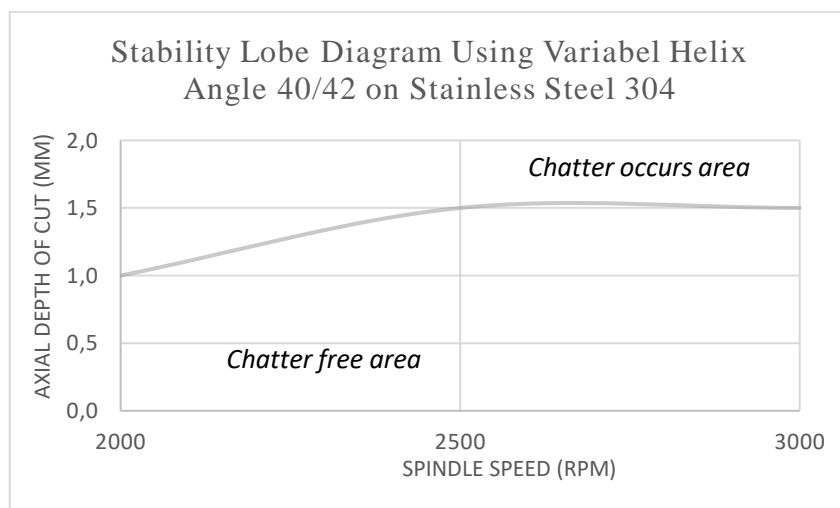
Setelah melakukan pengambilan data secara eksperimental, pada pembahasan dibahas tentang perbandingan hasil *signal processing* pada proses permesinan *slot milling* yang mengalami fenomena *chatter* dengan variasi *spindle speed* yang sama yaitu 3000 RPM menggunakan pahat *variable helix and pitch angle tool* dan *normal helix and pitch angle tool*. Dari hasil proses permesinan *slot milling* dan pengamatan *acceleration-time domain* pada software LabVIEW 2019 student edition dengan menggunakan *variable helix 40/42(derajat)* pada variasi *spindle speed* yaitu 2000, 2500, 3000 (RPM), *axial depth of cut* yaitu 0.5, 1 dan 1.5 (mm) dan *Feed Rate* yaitu 100, 125 dan 150 (mm/mnt). Dari *stability lobe diagram*, pada setiap *spindle speed* yang sama, pada *cutting tool* memiliki perbedaan *chatter free area* dan *chatter occurs area*. Hasil proses permesinan dengan metode *slot milling* menggunakan *variable helix and pitch angle tool* pada *feed rate* 150 mm/mnt yang tinggi, memiliki daerah *chatter free area* yang lebih tinggi dari pada proses *slot milling* menggunakan *feed rate* 100, dan 120 mm/mnt. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan sesuai pada tinjauan pustaka yang menyebutkan bahwa *variable helix and pitch angle tool* memiliki geometri sudut *helix* dan *pitch* yang berbeda. Perbedaan sudut *helix* dan *pitch* pada mata sayat mengakibatkan adanya variasi nilai *tooth passing frequency* sehingga pahat dengan *variable helix and pitch angle tool* akan mencegah getaran dan mengurangi peluang terjadinya *chatter* sesuai dengan tinjauan pustaka yang ada. Selain itu, getaran *chatter* juga pada permesinan disebabkan karena adanya gaya pemakanan atau *cutting force* pada proses permesinan milling. Proses permesinan dengan fenomena *chatter* diakibatkan oleh terjadinya lonjakan atau *peak* dalam *acceleration shifting*, sehingga ketika menggunakan *variable helix and pitch angle tool* akan menghasilkan *acceleration shifting* yang lebih stabil. Pembuatan SLD dilakukan dengan perbandingan nilai *fast fourier transform (FFT)* pada setiap parameter *Axial depth of cut* dan *Spindel Speed* dengan menggunakan software DIAdem 2019 student edition grafik SLD dapat ditunjukkan pada gambar 5, 6 dan 7.



Gambar 5. Hasil *Stability Lobe Diagram* Menggunakan *Feed Rate* 100 mm/mnt



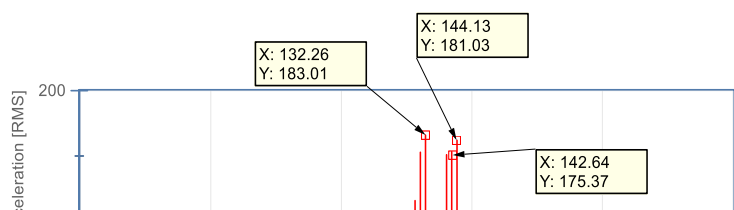
Gambar 6. Hasil *Stability Lobe Diagram* Menggunakan *Feed Rate* 125 mm/mnt.

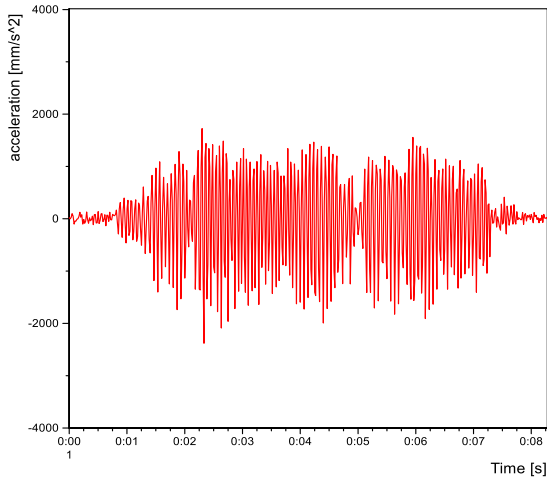


Gambar 7. Hasil *Stability Lobe Diagram* Menggunakan *Feed Rate* 150 mm/mnt

3.2 Grafik dan Pembahasan

Pengambilan data dilakukan pada salah satu variasi putaran spindle yaitu 3000 RPM dengan menggunakan pahat *variable helix*. Pada variasi tersebut terjadi *chatter* pada *axial depth of cut* 1.0 mm pada pemakanan sebelumnya pada *axial depth of cut* 0.5 mm dengan variasi *feed rate* 100, 125, 150 mm/mnt.

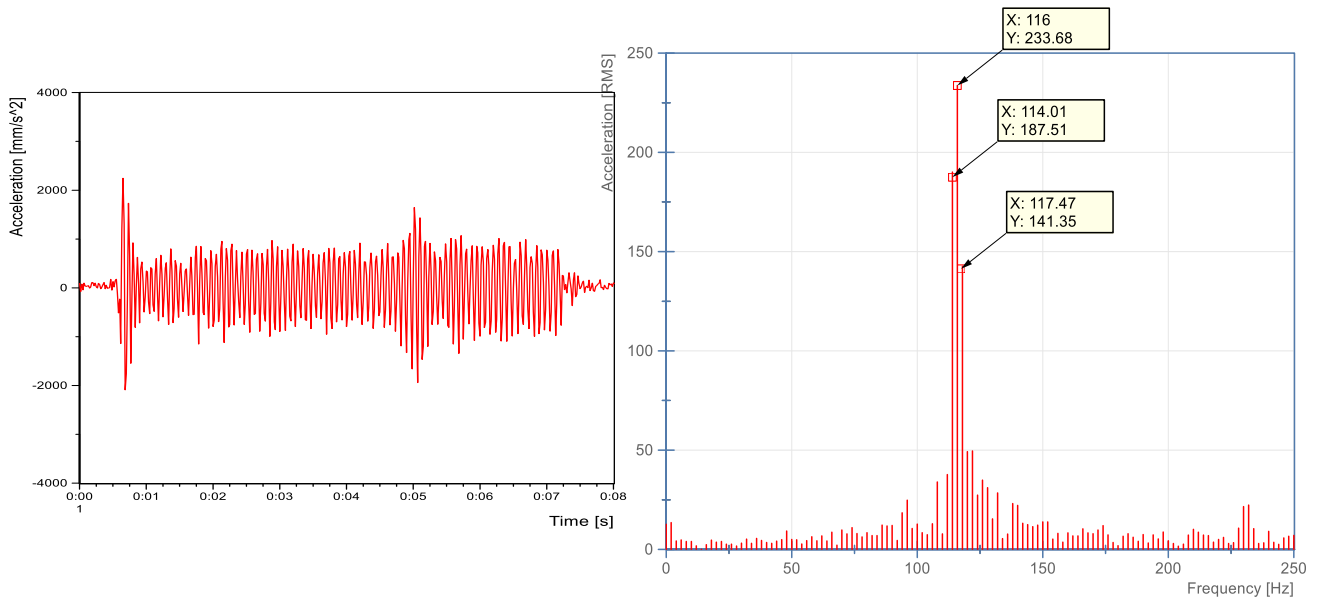




(A)

(B)

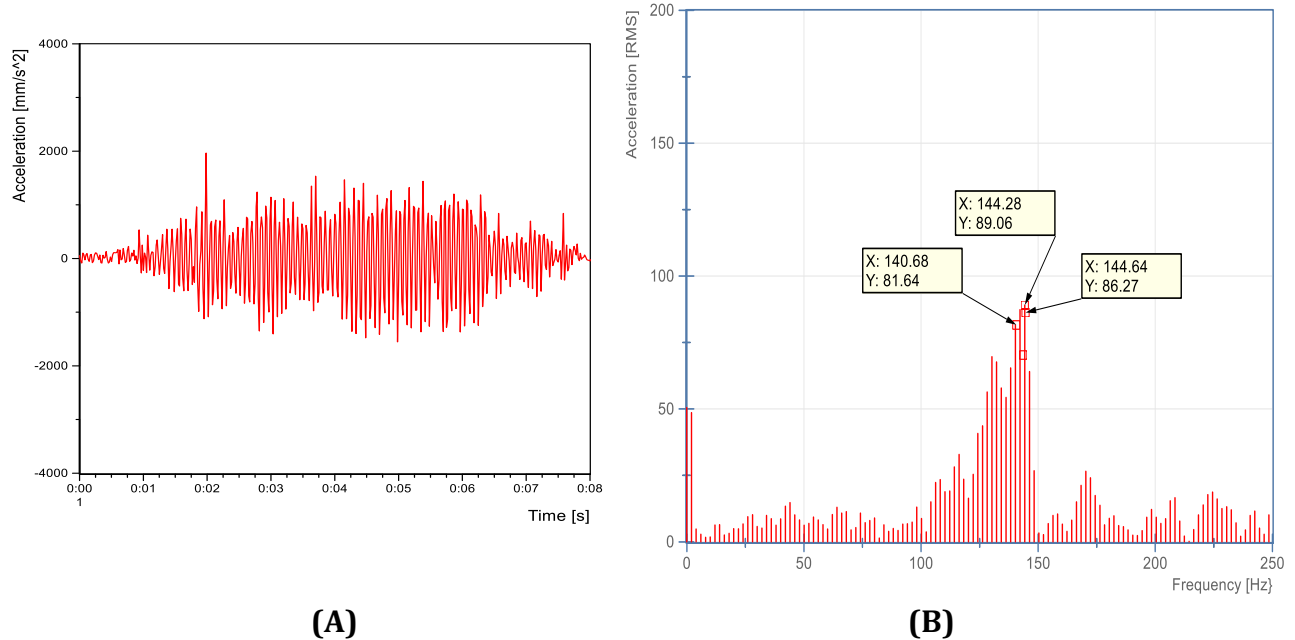
Gambar 8 (A) Grafik *Acceleration-Time Domain* dan (B) Grafik *Fast Fourier Transform* pada *Spindle Speed* 3000 RPM dan *Depth of Cut* 1.0 mm dengan *Feed Rate* 100 mm/mnt



(A)

(B)

Gambar 9 (A) Grafik *Acceleration-Time Domain* dan (B) Grafik *Fast Fourier Transform* pada *Spindle Speed* 3000 RPM dan *Depth of Cut* 1.0 mm dengan *Feed Rate* 125 mm/mnt



Gambar 10 (A) Grafik *Acceleration-Time Domain* dan (B) Grafik *Fast Fourier Transform* pada *Spindle Speed* 3000 RPM dan *Depth of Cut* 1.5 mm dengan *Feed Rate* 150 mm/mnt

Pada gambar 8,9 dan 10 merupakan hasil *signal processing* berupa grafik *acceleration-time domain* dan FFT (*Fast Fourier Transform*) dari proses permesinan *slot milling* pada variasi putaran spindle 3000 RPM dengan menggunakan *variable helix and pitch tool* dengan sudut *helix* 40/42 derajat, *depth of cut* 1.0 mm. Pengukuran besaran nilai *acceleration* getaran *chatter* diukur menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*), nilai *acceleration* pada *Feed rate* 100 mm/mnt sebesar 183.01 RMS, 181,03 RMS dan 175,37 RMS, nilai *acceleration* pada *Feed rate* 125 mm/mnt sebesar 233,68 RMS, 187.51 RMS dan 141,35 RMS, sedangkan nilai *acceleration* pada *Feed rate* 150 mm/mnt sebesar 89.06 RMS, 86,27 RMS dan 81,64 RMS.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa grafik *stability lobe diagram* yang dihasilkan dari penelitian eksperimental ini, dapat diketahui bahwa proses permesinan *slot milling* menggunakan *variable helix angle* 40/42 derajat dengan *feed rate* 150 mm/mnt memiliki *free chatter area* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *feed rate* 100 dan 125 mm/mnt. Hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan kecepatan pemakanan pada *cutting tool* sehingga dapat menyebabkan adanya variasi nilai *tooth passing frequency* dan mengurangi peluang terjadinya *chatter* pada proses permesinan. Hasil nilai *acceleration* diukur menggunakan FFT, dari hasil tersebut didapatkan bahwa semakin tinggi *feed rate* maka nilai getaran *chatter* semakin rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, a K. M. N., Patwari, A. U., Sharulhazrin, M. S., & Hafizuddin, I. (2010). Investigation of Effect of Chatter Amplitude on Surface Roughness during End Milling of Medium Carbon Steel. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 127–131.
- Hassui, A., & Diniz, A. E. (2003). Correlating surface roughness and vibration on plunge

- cylindrical grinding of steel. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43(8), 855–862. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(03\)00049-X](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(03)00049-X)
- Ka’Ka, S., Himran, S., Renreng, I., & Sutresman, O. (2019). Effects of Work on Shock Absorber and Spiral Springs Against Vertical Loads of Vehicles Burdening the Road Structure. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 676(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/676/1/012042>
- Ka’Ka, Simon, Himran, S., Renreng, I., & Sutresman, O. (2019). Modeling of Vertical Dynamic Vibration Characteristics on Vehicles Suspension System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 619(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/619/1/012003>
- Kashyzadeh, K. R., & Ghorabi, M. J. O. (2012). *Study of Chatter Analysis in Turning Tool And Control Methods – A Review*. 2(4), 1–5.
- Mamilla, V. R., Srinivasulu, M., & Mani, P. N. (2016). Study on computer numerical control (CNC) machines. *International Journal of Advanced Scientific Research*, 1(1), 21–25. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/303370721_Study_on_computer_numerical_control_CNC_machines
- Mehrabadi, I. M., Nouri, M., & Madoliat, R. (2009). Investigating chatter vibration in deep drilling, including process damping and the gyroscopic effect. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 49(12–13), 939–946. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2009.06.009>
- Quintana, G., & Ciurana, J. (2011). Chatter in machining processes: A review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 51(5), 363–376. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2011.01.001>
- Salcedo, M. C., Rodriguez, E. Y., & Ochoa, G. V. (2018). Study and analysis of the chatter in the milling the stainless steel 302 and alloy steel 4140. *Contemporary Engineering Sciences*, 11(55), 2715–2722. <https://doi.org/10.12988/ces.2018.86290>
- Siddhpura, M., & Paurobally, R. (2012). A review of chatter vibration research in turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 61, 27–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2012.05.007>
- Wiercigroch, M., & Krivtsov, A. M. (2001). Frictional chatter in orthogonal metal cutting. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 359(1781), 713–738. <https://doi.org/10.1098/rsta.2000.0752>
- Yusoff, A. R., & Sims, N. D. (2011). Optimisation of variable helix tool geometry for regenerative chatter mitigation. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 51(2), 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2010.10.004>
- Zatarain, M., Alvarez, J., Bediaga, I., Munoa, J., & Dombovari, Z. (2015). Implicit subspace iteration as an efficient method to compute milling stability lobe diagrams. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(1–4), 597–607. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6470-7>
- Zhou, X., Zhang, D., Luo, M., & Wu, B. (2015). Chatter stability prediction in four-axis milling of aero-engine casings with bull-nose end mill. *Chinese Journal of Aeronautics*, 28(6), 1766–1773. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2015.06.001>