

Kajian Eksperimental Kondisi Pahat Aus 0,6 mm dengan Menggunakan Sensor Audio pada Proses Bubut untuk Material Benda Kerja S45C

Heri Widianoro dan Prasetyo^{a)}

*Program Studi Teknik, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir Ds. Ciwaruga
 Bandung 40559, Indonesia*

E-mail: ^{a)}prasetyo@polban.ac.id

Diterima: 17 Oktober 2021

Direvisi: 26 Oktober 2021

Disetujui: 30 Oktober 2021

Abstrak : Kerugian akibat keausan pahat dapat berdampak pada kualitas produk dan membengkaknya biaya produksi. Karakteristik kondisi pahat dapat mendeteksi kondisi nyata pahat terhadap keausannya, karena pahat merupakan faktor penting dalam proses pemotongan logam. Kondisi pahat yang menjadi fokus kajian adalah bagian *flank*. Hal ini dipilih sebagai dasar untuk kriteria kegagalan pahat serta kemudahan dalam pengukuran tingkat keausannya. Penelitian ini menggunakan mikrofon sebagai sensor audio untuk mendeteksi tingkat keausan pahat. Penggunaan sensor audio guna mendapatkan frekuensi keausan pahat pada proses pembubutan untuk material benda kerja S45C. Pengukuran tingkat keausan pahat yaitu *flank wear* dengan VBmax 0,6 mm. Pengambilan data awal menggunakan pahat dengan *flank wear* 0 mm (pahat baru) serta pahat aus sebesar 0,6 mm. Data penelitian terbagi menjadi 3 level (level 1, level 2, level3) dengan masing-masing level terdiri dari kecepatan pemotongan (m/min) 180, 220, dan 260, Deep of cut (mm) sebesar 0.125, 0.375, 0.6, serta *feeding* saat proses pemotongan (mm/min) sebesar 0.08, 0.12, 0.16 dengan putaran mesin tetap. Sinyal proses dilakukan sebagai tahap akhir pengolahan data. Data hasil proses sinyal dijadikan referensi sebagai informasi awal dalam prediksi kerusakan. Data hasil penelitian menunjukkan kondisi optimal proses pemotongan adalah sesaat sebelum frekuensi 9,801 mV pada level 3 parameter pemotongan. Pada kondisi tersebut keausan pahat mencapai 0,6 mm dan segera harus diganti. Sementara kondisi pahat yang baik (aus 0 mm) didapatkan data frekuensi sebesar 1,537 mV. Peningkatan frekuensi lebih dari 6 kali ini diakibatkan oleh kenaikan parameter pemotongan, luasan kontak antara pahat insert dan benda kerja (keausan) serta akibat dari metode pencekaman pahat insert.

Kata Kunci: *Flank wear*, sensor audio, frekuensi, sinyal proses, karakteristik

Abstract: *Losses due tool wear can have an impact on product quality and increase production costs. Characteristics of tool condition can be detect by actual condition of the tool against its wear, it is cause of tool is an important factor in the metal cutting process. Focus of this study is flank area of tool condition. This was chosen as the basis for tool failure criteria as well as the ease of measuring wear levels. This study uses a microphone as an audio sensor to detect the level of tool wear. Audio sensors use for to obtain the frequency of tool wear in the turning process with S45C workpiece materials. The measurement of the level of tool wear is flank wear with a VBmax of 0.6 mm. Initial data collection using a tool insert with a flank wear of 0 mm (new tool insert) and tool insert with the flank wear is VBmax 0.6 mm. Thus research data is divided into 3 levels with each level consisting of cutting speed (m/min) 180, 220, and 260, Deep of cut (mm) of 0.125, 0.375, 0.6, and feeding during the cutting process (mm/min). of 0.08, 0.12, 0.16 with a fixed speed rotation of spindle. Signal processing is carried out as the final stage of data processing. The signal processing data is used as a reference as initial information in the prediction of tool damage. The research data shows that the optimal condition of the cutting process is just before the 9,801 mV frequency at level 3 cutting parameters. In this condition the tool wear reaches 0.6 mm and must be replaced immediately. While the tool condition is good (wear 0 mm) the frequency data is 1,537 mV. The increase in frequency of more than 6 times is due to an increase in cutting parameters, the contact area between the insert tool and the workpiece (wear and tear) and the effect of the insert tool clamping method.*

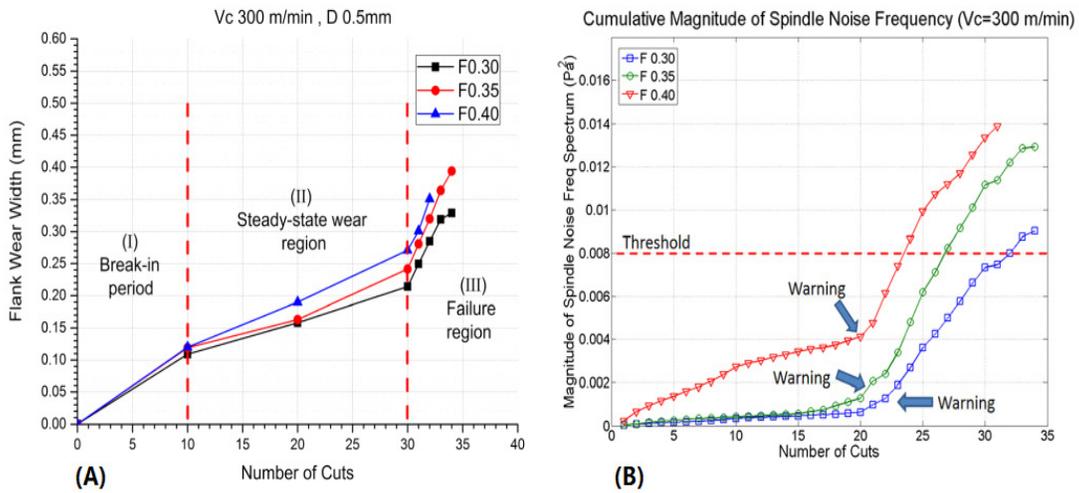
Keywords: *Flank wear*, audio sensor, frequency, sinyal process, characteristics



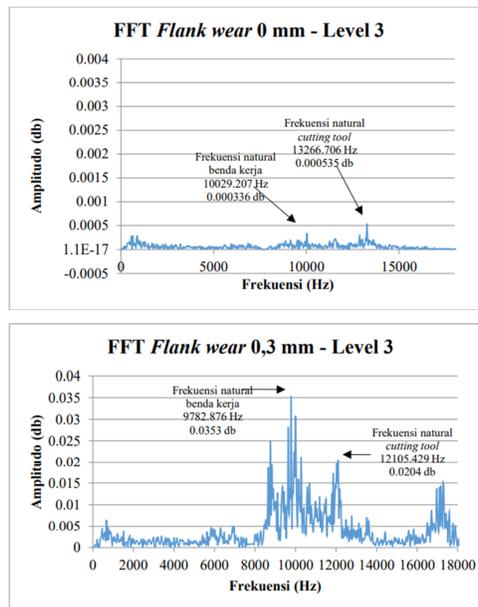
PENDAHULUAN

Teknik monitoring kondisi mesin merupakan salah satu metode dalam pengukuran untuk mengetahui kondisi atau karakteristik dari suatu objek. Saat ini metode teknik monitoring *real time* banyak dimanfaatkan dalam dunia proses manufaktur, terutama pada saat proses pemotongan pada proses pembubutan. Monitoring pada proses pemotongan logam khususnya pada proses bubut meliputi monitoring mesin, dinamika proses pemotongan, alat potong dan benda kerja untuk mengoptimalkan kinerja dari sistem. Alat potong atau pahat pada mesin bubut dapat dimonitor dengan melihat kondisi tingkat keausannya terutama pada bagian *flank* dari pahat bubut, hal ini dikarenakan kondisi ini sangat dominan sering terjadi keausan yang dapat mempengaruhi hasil benda kerja. Tingkat keausan pahat bubut dapat diukur menggunakan sensor audio selama proses bubut sehingga dengan monitoring tersebut dapat mencegah terjadinya kerusakan pada pahat dan kualitas benda kerja.

Teknik monitoring lain dapat dilakukan dengan menggunakan *spindle noise* untuk monitoring keausan pahat dalam proses bubut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara frekuensi kebisingan spindle dan keausan pahat, tetapi variasi kecepatan potong dan feeding memiliki pengaruh pada besarnya kebisingan spindle yang dapat digunakan untuk menunjukkan keadaan keausan pahat selama proses seperti pada Gambar 1 dibawah [1].



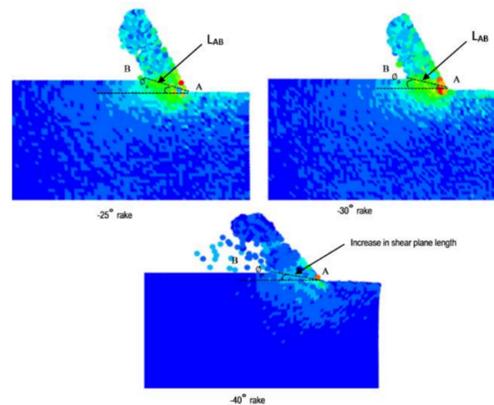
Gambar 1. (a) Klasifikasi kondisi keausan pahat dan (b) Frekuensi *noise* pada *spindle* [1].



Gambar 2. Frekuensi domain dengan *flank wear* 0 dan 0,3 mm [2].

Gambar 2 menunjukkan monitoring keausan pahat dapat meningkatkan produktifitas dan mencegah lebih dini kerugian akibat keausan pahat seperti permukaan komponen tidak rata, *chipping* dan cacat produksi. Sinyal suara selama proses pemotongan pada penelitian ini akan ditangkap oleh mikrofon dan diproses menggunakan software YE7600 berupa sinyal frekuensi domain. Pengujian pada level tertinggi 3 yaitu pada kecepatan potong sebesar 220 m/min, feed rate 0,12 mm/rev dan *depth of cut* 0,375 mm. Peningkatan level parameter pemotongan dan *flank wear* berbanding lurus dengan sinyal audio yang diterima oleh mikrofon. Pahat bubut dengan *flank wear* 0 mm dan parameter pemotongan level 3 memiliki suara 0,000535 dB. Pada level yang sama dan *flank wear* 0,3 mm memiliki suara sebesar 0,0204 dB, hal ini menunjukkan terjadi peningkatan sebesar 37,13%. Pada kondisi pemotongan ini pahat akan menerima beban yang lebih besar sehingga diperlukan juga energi yang besar untuk memotong. Akibatnya gaya gesek dengan benda kerja meningkat sehingga sinyal audio yang dihasilkan akan meningkat [2].

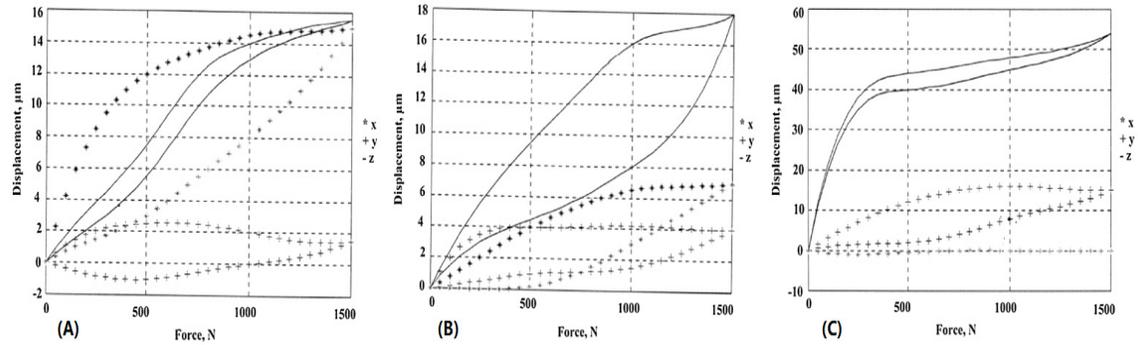
Gambar 3 menunjukkan monitoring kondisi pahat bubut bagian *rake* dapat memberikan informasi terkait kondisi pahat. Investigasi ini untuk mengetahui pengaruh sudut *rake* dengan material berlian dan benda kerja dari silikon. Hasilnya menunjukkan bahwa laju keausan pahat berlian dan mekanisme pembentukan permukaan berbeda secara signifikan menggunakan sudut *rake* pahat yang berbeda. Kelanjutan urutan deformasi tekan dan geser pada tahap awal *chip* mengatur transformasi fase tekanan tinggi (HPPT) sebagai fungsi sudut *rake* dan keausan pahat. Kemampuan pahat berlian untuk mempertahankan urutan ini dan tekanan hidrostatik yang diperlukan dalam kondisi aus sangat dipengaruhi oleh perubahan sudut *rake*. Hubungan proporsional dari besarnya gaya pahat dan keausan pahat juga berbeda karena pola keausan yang berbeda yang memengaruhi distribusi tegangan dan tekanan hidrostatik yang seragam di bawah ujung pahat, hal ini kemudian mempengaruhi transformasi fase struktural dan karena itu tahan gesek terhadap pemotongan. Terutama keausan alur gesekan terlihat dominan untuk semua pahat berlian dalam pengerjaan bubut benda kerja material silikon [3].



Gambar 3. Perubahan bidang geser dan sudut geser [3].

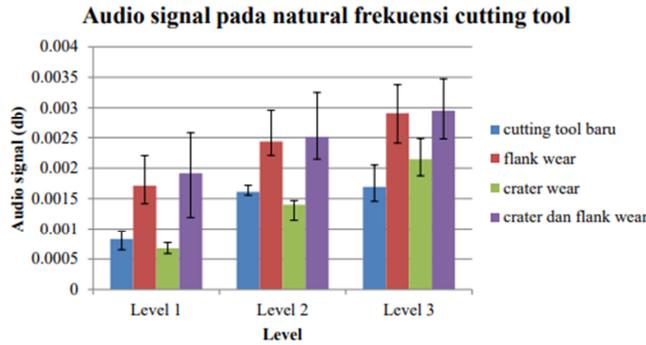
Identifikasi kondisi pahat potong selama pemesinan sebelum mencapai tahap kegagalannya sangat penting, Hal ini dilakukan dengan cara pendekatan *big data* untuk klasifikasi keausan pahat berdasarkan sinyal pencitraan dan *deep learning*. Dengan menggabungkan dua teknik ini, memungkinkan untuk bekerja dengan data lain secara langsung, menghindari penggunaan metode pra-pemrosesan statistik. Metode ini memenuhi persyaratan mendasar dengan menggunakan jumlah yang besar berdasarkan data yang rumit. Proses pencitraan berfungsi sebagai prosedur pengkodean data sensor, yang berarti bahwa gambar yang dibuat dapat hilang dari rangkaian data asli, yang berarti bahwa data dapat dibuat dari prosedur asli tanpa kehilangan data dari seri aslinya. Dengan menggunakan implementasi *deep learning*, pemilihan fitur secara manual dapat dihindari, sehingga membuat pendekatan novel ini lebih umum dan cocok ketika berhadapan dengan *dataset* besar. Hasil eksperimen telah mengungkapkan bahwa *deep learning* mampu mengidentifikasi fitur intrinsik dari data mentah sensorik, dalam beberapa kasus mencapai akurasi klasifikasi di atas 90% [4].

Teknik baru terkait Identifikasi dan evaluasi untuk sistem pemesinan menyebabkan peningkatan efisiensi sistem produksi. Hal ini dilakukan dengan melihat hubungan antara umur pahat potong, fitur desain, kekuatan lelah dan parameter getaran. Untuk mengatasi tujuan ini pengaruh getaran pada keausan pahat dinilai dimana mempertimbangkan pergeseran fase-fasa getaran dan kekuatan yang berbeda pada permukaan *rake* dan belakang pahat. *Tool life* diperkirakan berdasarkan pada kekuatan kelelahan material dan parameter getaran pahat. Karakteristik statis dan dinamis pahat potong selama kondisi pemesinan yang berbeda dianalisis menggunakan alat pemotong yang berbeda. Hasil uji alat pemotong dengan berbagai jenis penjepit kondisi statis, dinamis dan proses pemotongan, bersama dengan hasil simulasi menunjukkan hubungan antara karakteristik alat, getaran sistem elastis dan umur pakai pahat Seperti terlihat pada Gambar 4 [5].



Gambar 4. Karakteristik statis dari pahat potong dengan (a) *double clamp*, (b) *wedge lock* dan (c) *lever lock* [5].

Penggunaan mikrofon untuk menangkap *audible sound signal* dari pemotongan di permesinan dapat dilakukan untuk monitoring kondisi keausan pahat. Metode ini cukup terjangkau untuk di aplikasikan secara luas. Sinyal *time domain* dan frekuensi domain dapat digunakan untuk mengamati dan membedakan keausan pahat akan menjadi lebih mudah. Untuk pengembangan lebih lanjut nilai dan ciri khusus pada tiap keausan pahat dapat digunakan sebagai penunjang pembuatan sistem pengambil keputusan. Pahat bubut dengan *flank wear* atau *flank* dan *crater wear* memiliki sinyal audio yang lebih tinggi dibanding dengan *crater* saja seiring meningkatnya level pemotongan seperti pada Gambar 5 dibawah [6].



Gambar 5. Sinyal audio pada frekuensi *natural* pahat bubut [6].

METODOLOGI

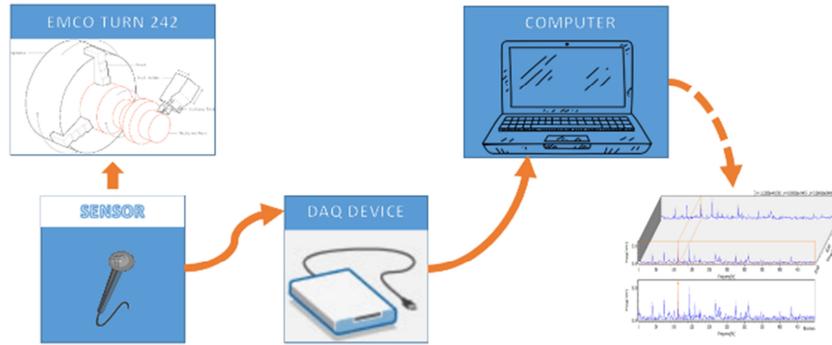
Penelitian ini dilakukan pada mesin bubut EMCO TURN 242, pahat *insert* DCMT 070204EN. Material benda kerja digunakan adalah S45C dengan dimensi diameter 50 × 150 mm dan mikrofon Sinocera BAST YG 201 sebagai sensor suara signal audio.

Karakteristik keausan pahat bisa didapatkan melalui getaran atau suara yang dihasilkan selama proses bubut melalui sensor audio. Proses bubut dilakukan dengan beberapa level parameter pemotongan dan kondisi keausan pahat yang berbeda-beda. Data yang diperoleh pada proses bubut ini untuk proses pemakanan *roughing*.

Tabel 1. Level parameter pemotongan.

Level	v (m/min)	Deep of Cut (mm)	f (mm/min)
Level 1	180	0,125	0,08
Level 2	220	0,375	0,12
Level 3	260	0,6	0,16

Proses sensing atau pengambilan data audio secara teknis adalah mendapatkan suara yang benar-benar proses bubut dengan memisahkan *noise* atau suara lain. Data audio yang tertangkap oleh sensor kemudian diolah menggunakan software Sinocera YE7600 dimana data audio tersebut bisa disajikan dalam bentuk *time domain* maupun frekuensi domain. Pengolahan data audio ini akan diperoleh karakteristik untuk setiap keausan pahat yang kemudian dapat dijadikan sebagai referensi untuk menentukan tingkat keausan pahat dalam sistem *online monitoring* (Gambar 6).

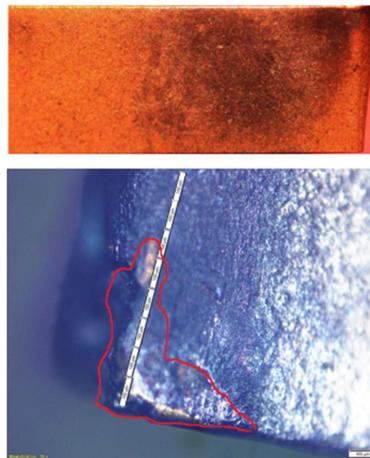


Gambar 6. Experimental setup

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Bubut

Pahat bubut (*insert*) yang digunakan DCMT 070204 (material *carbide* dengan *finishing coating Al2O3*) dengan 2 kondisi pahat baru dan kerusakan pada area *flank* sebesar 0,6 seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kondisi pahat baru (atas) dan pahat aus 0,6 mm (bawah)

Simulasi numerik pada pahat insert menggunakan ANSYS Workbench untuk melihat besarnya frekuensi yang diukur. Hasil yang didapat bahwa frekuensi terendah yang diperoleh mode 1 sebesar 13223 Hz seperti terlihat pada Tabel 1 dibawah ini. Hasil perkiraan dengan simulasi numerik ini dapat digunakan untuk melihat frekuensi yang terjadi untuk pahat *insert* pada saat pembacaan suara dengan menggunakan sensor audio.

Tabel 2. Modal Analysis

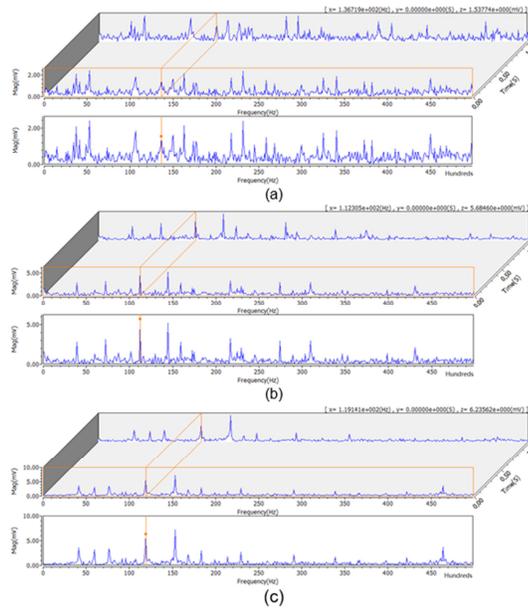
Mode	Frekuensi (Hz)
Mode 1	13223
Mode 2	19391
Mode 3	21629
Mode 4	27595
Mode 5	29637
Mode 6	30577

The image shows a 3D modal analysis plot of a cutting insert. The plot displays the total deformation of the insert at a frequency of 13223 Hz. A color scale on the left indicates the magnitude of deformation, ranging from 0 Min (blue) to 304.2 Max (red). The plot shows the insert deformed significantly at the tip and along the flank face.

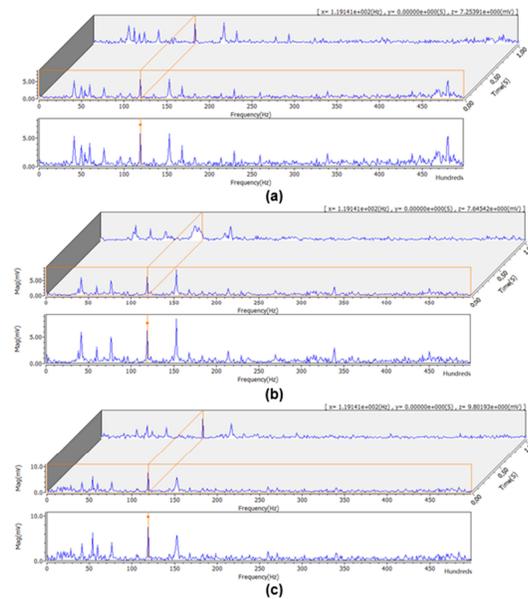
Karakteristik Pahat

Karakteristik kondisi pahat jika dilihat pada frekuensi suara yang dihasilkan selama proses bubut memiliki nilai yang berbeda-beda. Proses bubut dengan menggunakan pahat baru pada level 1 parameter pemotongan frekuensi yang ditimbulkan sangat kecil 1,53774 mV. Hingga pada level selanjutnya frekuensi yang terjadi yaitu 5,68460 mV dan level tertinggi frekuensi yang ditimbulkan meningkat sebesar 6,23562 mV seperti terlihat pada Gambar 8 dibawah ini.

Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan parameter pemotongan akan mengakibatkan putaran mesin dan gaya pemakanan semakin besar. Kondisi demikian dapat memicu getaran antara benda kerja dan pahat potong semakin meningkat. Pengaruh metode pencekaman pahat *insert* juga dapat mempengaruhi getaran yang ditimbulkan selama proses pemotongan. Metode pencekaman pada penelitian ini menggunakan metode *lever lock*. Metode ini menghasilkan getaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *double clamp* dan *wedge lock*. Getaran yang ditimbulkan mengakibatkan terjadinya *displacement* sebesar 40 μm dengan gaya 500 N [5].



Gambar 8. Frekuensi pada pahat baru (a) level 1, (b) level 2 dan (c) level 3



Gambar 9.6 Frekuensi pada pahat aus 0,6 mm (a) level 1, (b) level 2 dan (c) level 3

Gambar 9 menunjukkan proses pemotongan dengan menggunakan pahat *insert* yang sudah rusak atau aus 0,6 mm diperoleh pola peningkatan frekuensi suara. Frekuensi suara yang ditimbulkan merupakan akibat dari gaya pemotongan yang besar. Gaya pemotongan ini terjadi karena luasan kontak antara pahat *insert* dengan benda kerja yang meluas. Kontak yang terjadi selama proses pemotongan yaitu berupa luasan yang sangat kecil bahkan berupa titik. Hal ini menunjukkan efektifitas dari pahat *insert* yang digunakan. Selain itu juga sama halnya dengan peningkatan pada proses pemotongan menggunakan pahat *insert* yang baru, dimana setiap kenaikan parameter pemotongan dapat mengakibatkan terjadinya getaran. Getaran yang terjadi akan meningkat seiring dengan kenaikan parameter pemotongan. Getaran ini menimbulkan suara bising selama proses pemotongan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi terjadinya getaran yaitu metode pencekaman pahat *insert*. Pahat *insert* dicekam dengan metode *lever clamp*, dimana pencekamannya tunggal dan menghasilkan *displacement* yang lebih besar.

KESIMPULAN

Pahat aus mengakibatkan luasan kontak antara pahat dan benda kerja menjadi besar sehingga mengakibatkan gaya pemotongan yang besar dan menimbulkan getaran serta frekuensi suara yang bising. Kondisi optimal proses pemotongan adalah sesaat sebelum frekuensi 9,801 mV pada level 3 parameter pemotongan. Pada kondisi tersebut keausan pahat mencapai 0,6 mm dan segera harus diganti. Hal ini juga dipengaruhi oleh mekanisme atau metode dari pencekaman pahat *insert*. Pencekaman dengan metode *lever lock* cenderung menghasilkan getaran dan defleksi yang besar pada gaya pemotongan yang sama dibandingkan dengan metode pencekaman *double clamp* dan *wedge lock*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu serta Jurusan Teknik Mesin yang sudah memberikan kesempatan dalam pengembangan diri khususnya dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Seemuang, T. McLeay, T. Slatter, "Using spindle noise to monitor tool wear in a turning process", *International Journal Advance Manufacture Technology*, 86:2781-2790, 2016.
- [2] H. Widianoro. M. Mahardika, "Kajian eksperimental keausan pahat menggunakan sensor audio pada proses bubut", *Sigma-MU*, vol. 8, no.2 , hal. 7-15, 2016.
- [3] A. Mir, X. Luo, K. Cheng, A. Cox, "Investigation of influence of tool rake angle in single point diamont turning of silicon", *International Journal Advance Manufacture Technology*, 94:2343-2355, 2018.
- [4] G. M. Arellano, G. Terrazas, S. Ratchev, "Tool wear classification using time series imaging and deep learning", *International Journal Advance Manufacture Technology*, 104:3647-3662, 2019.
- [5] S. Ghorbani, V. V. Kapilov, N. I. Polushin, V. A. Rogov, " Experimental and analytical research on relationship between tool life and vibration in cutting process", *Archives of civil and mechanical engineering*, 18:844-862, 2018.
- [6] A.A Fikri, "Online monitoring keausan pahat menggunakan audio signal", *Jurnal Teknik Mesin-UM*, vol. 22, no.1, 2014.
- [7] F. Klocke, "Manufacturing process I", Springer, 2011.
- [8] M. Thiyagu, L. Karunamoorthy, N. Arunkumar, "Thermal and tool wear characterization of graphene oxide coated through magnetorheological fluids on cemented carbide tool inserts", *Archives of civil and mechanical engineering*, 19:1043-1055, 2019.