

Penggunaan *Accelerometer* dan *Strain Gauge* Sebagai Sensor Untuk Mendeteksi Kerusakan Pahat Potong

Nanda Aulia, Muhammad Rizal, Amir Zaki Mubarak

*Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia
e-mail : auliananda.tpp@gmail.com*

Abstract

The damage of cutting effect the product a lot, thus reducing the quality and dimensional change of the product. This research aims to monitor damage of cutting tool through the accelerometer and strain gauge sensors on the process of turning Rod hydraulic cylinder SAE 1045 using cutting carbide coated. The machining process is carried out by the variation of cutting parameters, depth of cut 0,5 and 1,0, feed rate 0,5 and 0,7 mm/min, and constant cutting speed of 1300 rpm. This experiment is conducted on three cutting tool condition they are new, medium wearing (0,15 mm) and critical wearing (0,3 mm). The sensors used are accelerometer and strain gauge which are placed in the holder. The result show that kurtosis, RMS and standard deviation parameters are influenced by the tooling condition. Have the relation toward the wearing change of tooling, this case is showed by the existence of progress from the new, medium and critical tooling test. As for amplitude strain gauge signal also showed a significant change when there is damage to the wearing tools. This showed that the bigger wearing happening the higher signal out going.

Keyword : Turning Process, Wearing Cutting Tool, Vibration, Strain Gauge.

1. Pendahuluan

Seperti yang kita ketahui masalah yang sering timbul pada industri manufaktur adalah kapan waktunya pahat potong harus diganti dengan yang baru karena pahat telah mengalami keausan, terutama saat terjadinya proses permesinan berlangsung. Pahat yang memiliki tingkat keausan tinggi apabila tidak segera diganti akan menghasilkan perubahan dimensi pada produk dan produk akan mengalami kekasaran permukaan yang tinggi. Apabila pahat dengan keausan pahat yang besar masih digunakan, maka pahat potong tersebut akan patah dengan tiba-tiba, dan akan membahayakan operator.

Biasanya operator dapat mengetahui bahwa pahat telah mengalami tingkat keausan yang tinggi dari getaran yang ditimbulkan pada saat proses permesinan berlangsung atau dari suara kebisingan yang timbul karena gesekan pahat yang sudah aus dengan spesimen yang ingin dibubut. Namun biasanya pahat potong yang telah mengalami tingkat keausan tertentu tidak diketahui oleh operator tiba-tiba patah dengan patahan yang terlempar ke sembarang arah dan bisa mengenai operator. Patahan pahat potong yang terlempar ke sembarang arah ini tentu sangat membahayakan operator karena apabila pahat potong yang patah terkena operator itu bisa terjadi kecelakaan bagi operator itu sendiri. Belum

lagi waktu yang dibutuhkan untuk menggantikan mata pahat yang telah aus, yang dapat menurunkan kualitas proses permesinan. Untuk mencegah hal seperti itu maka perlu dilakukan proses monitoring terhadap kondisi mata pahat untuk mengetahui kondisi mata pahat dan juga mengetahui keausan mata pahat seberapa parah yang terjadi pada saat proses permesinan sedang berlangsung[1].

Kondisi alat yang rusak menghasilkan permukaan yang kasar dari benda kerja dan dengan demikian menyebabkan getaran pada sistem. Itu kejadian lain dalam permesinan dan variasi dalam kondisi pemotongan juga menghasilkan getaran pada system. Fenomena getaran dalam pemotongan logam menunjukkan kelainan yang terjadi pengukuran. Selama pemotongan, dan masalah alat mesin itu sendiri. Akibat langsung dari ketidakaturan dalam permesinan menghasilkan getaran, yang pada akhirnya meningkatkan keausan alat dan kekasaran permukaan benda kerja[2].

Penelitian untuk memonitoring kerusakan pahat potong pada saat proses telah banyak dilakukan, seperti dengan metode mengukur gaya potong secara static dan dinamik, mengukur arus pada motor spindle (*spindle motor current*), monitoring kondisi pahat dengan getaran, *acoustic emission*, mengukur temperature pahat, pengukuran *ultra sonic* dan *optic*, dan mengukur getaran (*chatter*) yang terjadi[1].

Pada penelitian terdahulu banyak peneliti menggunakan sensor tunggal contoh seperti gaya potong saja, *acoustic emission*nya saja, mengukur *ultra sonic* dan *optic* saja, dan mengukur getaran (*chatter*) yang terjadi saja, mengukur arus pada kondisi pahat dengan getaran saja. Menggunakan sensor tunggal kurang akurat dibandingkan dengan multi sensor, sehingga tujuan penelitian ini adalah penelitian menggunakan dua sensor yaitu accelerometer dan strain gauge [1].

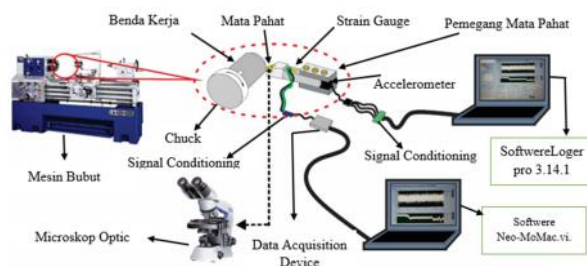
Pentingnya dalam penelitian ini menggunakan multi sensor agar kondisi pahat potong dapat dimonitoring dengan baik. Multi sensor prediksinya lebih akurat dibandingkan dengan sensor tunggal. Selain itu strain gauge dan accelerometer penempatannya tidak mengganggu mesin bubut, bacaannya lebih akurat, Penempatannya tidak mengganggu proses pemotongan.

Dengan kurang baik pemantauan akan menyebabkan pahat rusak lebih parah dan mengakibatkan umur pahat berkurang pada saat mengalami keausan, permukaan benda kerja menjadi kasar atau tidak halus, gaya yang dibutuhkan menjadi lebih besar, menimbulkan getaran yang lebih besar, perubahan dimensi produk. Karena penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kerusakan pahat potong melalui sinyal getaran dan regangan. Dengan demikian dapat diketahui kondisi keausan pahat setiap saat, dapat diketahui tanpa harus memberhentikan mesin dan sebagai peringatan dini. Dapat mengetahui kondisi pahat potong seberapa besar keausan yang terjadi pada saat proses permesinan dilakukan.

2. Metodologi

2.1 Konfigurasi eksperimen

Susunan rangkaian experiment ditunjukkan pada seperti Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Ekperimen

Pada penelitian ini proses permesinan dilakukan pada mesin BUBUT KNUTH compass 250/1000B. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mata pahat bubut *insert*, jenis pahat Karbida berlapis. tipe mata pahat jenis karbida berlapis yang digunakan adalah DNMG432 EUX AC70UG. DNMG 150408N-UX 10. Pada penelitian ini bahan yang

digunakan ialah jenis baja karbon sedang. Bertipe batang slinder hidrolik SAE 1045. Dengan ukuran (P) 500 mm, (L) 45 mm.

Dalam penelitian ini sensor yang digunakan yaitu sensor accelerometer dan strain gauge. Adapun sensor accelerometer untuk mendeteksi getaran yang bertipe Vernier LabPro. Software yang digunakan adalah Logger pro 3.14.1 Demo. Sensor strain gauge untuk mendeteksi regangan yang digunakan bertipe NI MAX, software yang digunakan adalah Neo-MoMac.vi. untuk melihat seberapa besar keausan pada mata pahat diperlukan Mikroskop Optik yang bertipe Olympus GX-71.

2.2 Prosedur Pengambilan Data

Pembubutan benda uji dilakukan diLaboratorium Dasar Proses Produksi jurusan teknik mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah kuala Darussalam-Banda Aceh. Benda uji yang digunakan terdiri dari mata pahat karbida berlapis dan poros dengan kandungan baja karbon sedang. Kedua bahan uji ini dapat dibeli dalam bentuk yang sudah siap pakai dan bahan uji yang ingin dibubut Bertipe batang slinder hidrolik SAE 1045. Mata pahat yang akan diuji Tipe adalah DNMG432 EUX AC70UG. DNMG 150408N-UX 10.

Mata pahat yang akan diuji dibagi kedalam tiga kondisi yaitu:

- Kondisi baru.
- Kondisi keausan sedang (0,15 mm).
- Kondisi keausan kritis (0,3 mm).

Kemudian ukur mata pahat melalui Mikroskop Optik Olympus GX-71, untuk dilihat keausan seberapa besar mata pahat yang sudah dihasilkan. Setelah itu persiapan dapat dilakukan seperti sensor accelerometer, strain gauge, *holder* (tempat dudukan mata pahat), spesimen/benda kerja, labtop dan software. Selanjutnya pengambilan data dapat dilakukan pada kondisi baru, keausan sedang dan keausan kritis.

2.3. Pemasangan Sensor

2.3.1 Sensor Getaran

Accelerometer dipasang dibelakang *holder* (tempat pemasangan mata pahat), kemudian dicepit dengan pencekam lalu dibuka software pembaca data untuk melakukan penyetelan dan untuk merekam data yang akan diambil. Digunakan chanel vib 1 untuk melakukan pembacaan data dari accelerometer. Data dari accelerometer akan diteruskan ke Log Pro baru kemudian akan ditransfer pada software Log Pro. Kemudian dihidupkan mesin untuk penyetelan getaran menjadi nol. Sehingga Getaran yang akan dibaca adalah getaran yang terjadi pada saat mata pahat melakukan pemotongan[3].

2.3.2 Sensor Strain Gauge

Strain gauge ditempel pada *holder* lalu diberikan silikon supaya sensor strain gauge tidak terkena geram pada saat pengambilan data berlangsung, lalu *holder* diikat pada *tool post*. Kemudian dibuka software pembaca data untuk melakukan penyetelan dan untuk merekam data yang akan diambil. Digunakan chanel vib 1 untuk melakukan pembacaan data dari strain gauge. Data dari strain gauge akan diteruskan ke boster strain gauge baru kemudian akan ditransfer ke software strain gauge. Lalu dihidupkan mesin untuk penyetelan strain gauge menjadi nol. Sehingga regangan yang akan dibaca adalah regangan yang terjadi pada saat mata pahat melakukan pemakanan [4].

3.3.3 Parameter Permesinan

Sebelum dilakukan proses pemotongan dengan mesin bubut knuth compass 250/100B. Perlu diperhatikan beberapa parameter pemotongan yang telah dtentukan sebelumnya untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang nantinya akan disetting pada mesin bubut[5]. Parameter pemotongan yang telah ditentukan dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Parameter pemotongan pada proses bubut menggunakan mesin knuth compass 250/1000B.

No.	Putaran spindel (RPM).	Kedalaman pemotongan, (mm).	Laju pemakanan, (mm/min)
1	1300	0,5	0,7
2	1300	0,5	0,5
3	1300	1	0,7
4	1300	1	0,5

Adapun langkah-langkah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh keausan mata pahat terhadap getaran dan strain gauge dengan menggunakan mesin bubut knuth compass 250/1000B adalah pertama-tama mata pahat dengan tiga kondisi mata pahat jenis Karbida yang masih baru, keausan sedang (0.15 mm), dan keausan kritis (0.3 mm). Salah satunya dipasangkan pada holder, lalu holder dipasang pada tool post mesin bubut secara benar dan kuat. Untuk material yang ingin dibubut berbentuk batang silinder hidrolik SAE 1045, kemudian accelerometer diikat dan strain gauge ditempel pada holder secara benar agar pengukuran berjalan dengan baik. Selanjutnya mesin akan dioperasikan sesuai dengan parameter pemotongan yang telah ditentukan pada table 2.1. untuk ketiga kondisi pahat uji. Setelah proses pemotongan benda kerja, masing-masing pahat pengambilan data dapat dilakukan dengan melihat kondisi mata pahat seberapa besar terjadi keausan pada saat proses

permesinan berlangsung. Untuk melihat sinyal dari kedua sensor digunakan software Logger pro 3.14.1 Demo dan Neo-MoMac.vi.

2.4 Pemrosesan Sinyal

Keausan mata pahat pada proses bubut dapat dilihat secara visual pada permukaan. Kemudian untuk mengukur keausannya menggunakan alat mikroskop optik agar mendapatkan besar keausan yang akurat. Sedangkan untuk mengukur getaran pada mata pahat menggunakan sensor accelerometer dan untuk mengukur regangan menggunakan sensor strain gauge[4].

2.4.1 Ciri Sinyal Getaran

Untuk *setup* pengukuran getaran bisa dilihat diskema pada Gambar 1. Pengukuran getaran dilakukan dengan menggunakan sensor accelerometer lalu direkam ke dalam software. Nilai yang didapat kemudian diekstraksikan menggunakan rumus Kurtosis, RMS, Std. Lalu dapat nilai yang diinginkan.

- RMS.
RMS merupakan ciri yang mengukur komposisi karakteristik energi dari sinyal getaran.

$$RMS = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N X_i^2} \quad (1)$$

- Kurtosis.
Kurtosis merupakan sebagai momen keempat dari suatu distribusi yang diberikan dan mengukur kelancipan yang dihasilkan dari sinyal dan kedataran relatif sebuah distribusi dibanding distribusi normal.

$$K = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^4}{\sigma^4} \quad (2)$$

dengan

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} (X_i - \mu)^2} \quad (3)$$

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_n \quad (4)$$

Nilai μ dan σ ialah merupakan nilai rata-rata dan standar deviasi.

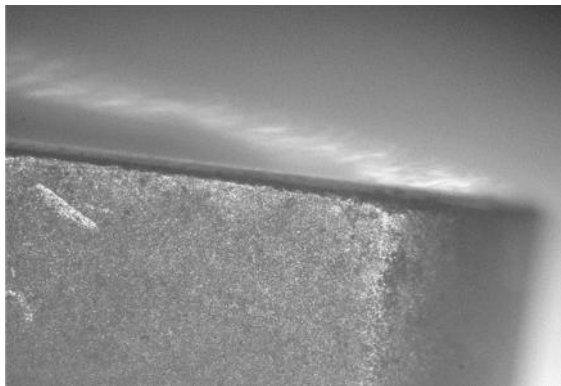
- Standar Deviasi.
Standar deviasi merupakan salah satu nilai dari kedua ukuran tersebut diketahui maka akan diketahui juga nilai ukuran yang lainnya[6].

2.4.2 Ciri Sinyal Regangan.

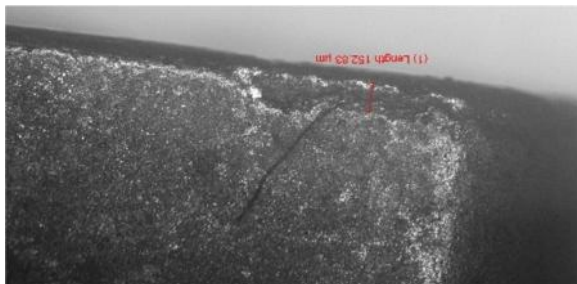
Sinyal Regangan dihasilkan dari suatu pengukuran-pengukuran rangkaian nilai yang telah di ambil dari sensor yang di pasang dan direkam kedalam software untuk mendapatkan nilai dan dijadikan grafik untuk melihat seberapa besar amplitudo yang dihasilkan[4].

2.4.3 Pengkondisian Pahat

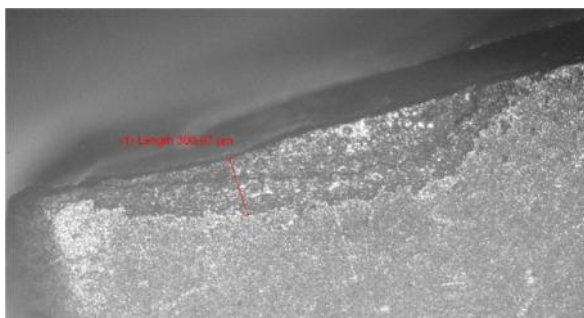
Pahat yang digunakan dalam eksperimen ini dibagi kedalam tiga kondisi dan dikondisikan kedalam tiga kelompok. Pertama jenis pahat yang baru, kedua jenis pahat kondisi ausnya sampai (0,15mm), dan Ketiga jenis pahat kondisi ausnya sampai (0,3 mm), Ketiga pahat ter sebut dapat dilihat pada Gambar 2. Sampai 4.



Gambar 2. Mata Pahat Kondisi Baru



Gambar 3. Mata Pahat Kondisi VB 0.15mm.



Gambar 4. Mata Pahat Kondisi VB 0.3mm.

2.4.4 Mikroskop Optik

Keausan mata pahat pada proses bubut dapat dilihat secara visual pada permukaan mata pahat. Kemudia untuk mengukur keausannya menggunakan

alat mikroskop optic agar mendapatkan besar keausan yang akurat. Sedangkan untuk mengukur getaran pada mata pahat menggunakan sensor accelerometer dan untuk mengukur regangan menggunakan sensor strain gauge. Mikroskop optik dapat dilihat pada Gambar 5.

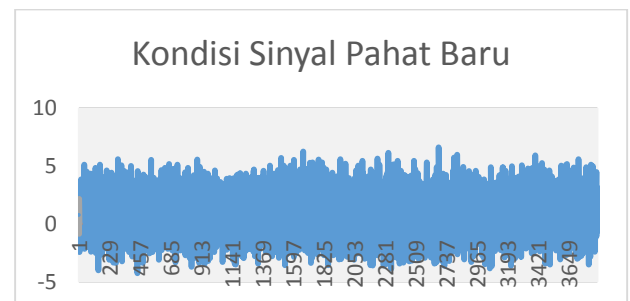


Gambar 5. mikroskop optik (Olympus GX-71)

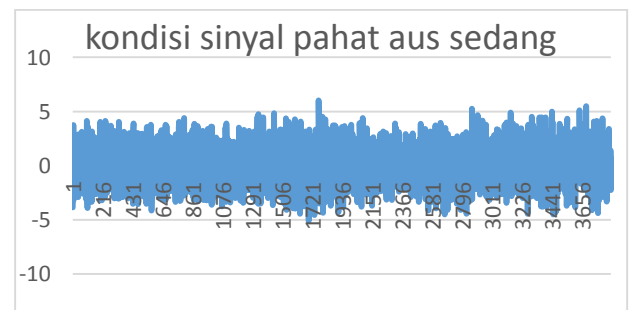
3. Hasil dan pembahasan

3.1 Kondisi Sinyal Getaran

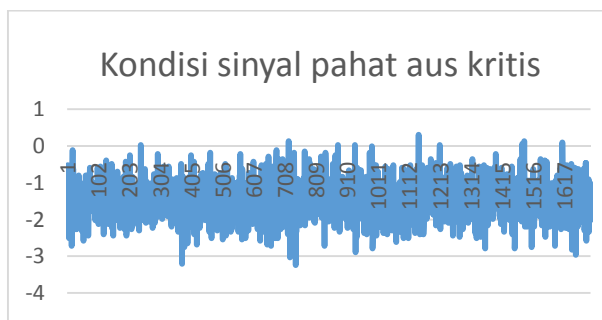
Sinyal getaran dalam penelitian ini diperoleh melalui accelerometer. Kondisi sinyal ketika proses pertama di tampilkan seperti Gambar 6. Sampai 8. Kondisi sinyal mata pahat baru terdapat pada Gambar 6. Kondisi sinyal mata pahat aus sedang terdapat pada Gambar 7. Kondisi sinyal mata pahat aus kritis terdapat pada Gambar 8.



Gambar 6. Grafik sinyal getaran mata pahat baru

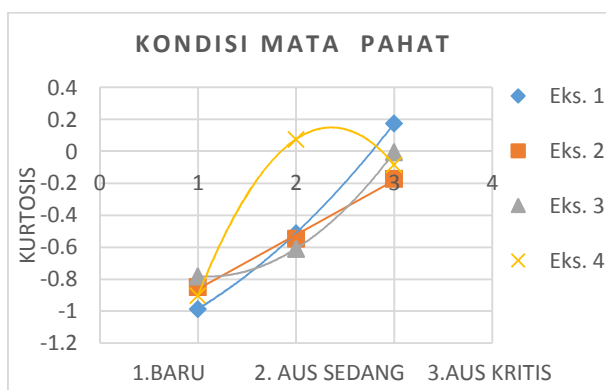


Gambar 7. Grafik sinyal getaran mata pahat aus sedang

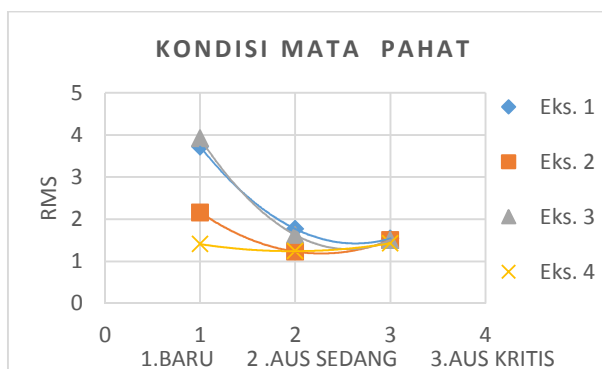


Gambar 8. Grafik sinyal getaran mata pahat aus kritis

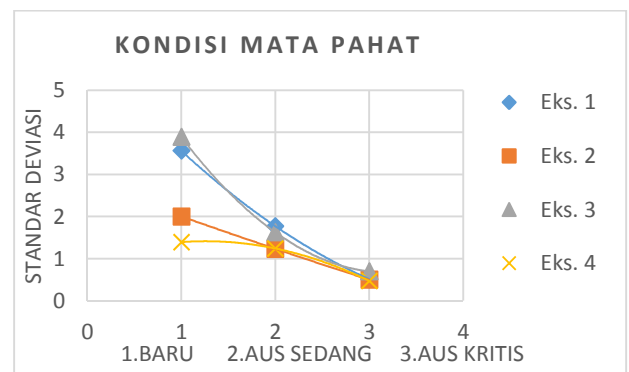
Secara visual grafik getaran tidak terlihat ciri khas dari masing-masing kondisi sehingga diperlukan ekstraksi nilai-nilai getaran dalam parameter statistik antara lain: *Root means Square* (RMS), Kurtosis, dan Standar Deviasi. Hasil dari kurtosis terdapat pada Gambar 9. Hasil dari *Root means square* terdapat pada Gambar 10. dan hasil dari standar deviasi terdapat pada Gambar 8.



Gambar 9. Grafik kurtosis perbandingan mata pahat kondisi baru, keausan sedang, keausan kritis



Gambar 10. Grafik RMS perbandingan mata pahat kondisi baru, keausan sedang, keausan kritis

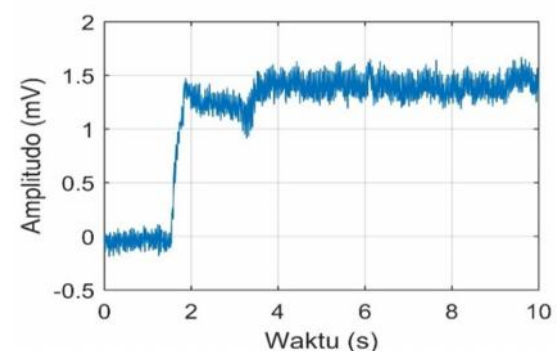


Gambar 11. Grafik standar deviasi perbandingan mata pahat kondisi baru, keausan sedang, keausan kritis.

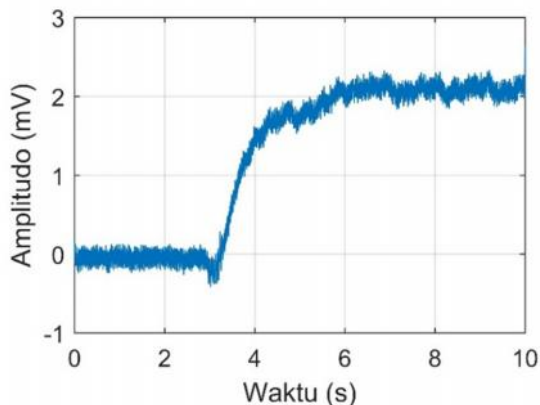
Dari grafik Gambar 9. Nilai sinyal getaran menunjukkan kenaikan rata-rata sebesar 0,174 pada pengujian pertama. Begitu juga pada pengujian kedua, ketiga dan keempat menunjukkan kenaikan nilai rata-rata sebesar -0,170, -0,005, -0,08 yang menjadikan sinyal kurtosis naik secara signifikan. Pada grafik Gambar 10. Sinyal RMS Pada pengujian pertama turun menjadi 1,541 dari 3,723. Untuk Pengujian sinyal RMS kedua, ketiga juga mengalami penurunan nilai dengan selisih 0.00023. Lain halnya pada pengujian keempat sinyal RMS naik dari 1,408 menjadi 1,428. Pada Gambar 11. Sinyal standar deviasi juga mengalami penurunan yang signifikan. Ditandai pada pengujian pertama kedua, ketiga dan ke empat yang mengalami penurunan sebesar 0,509, 0,497, 0,694, 0,465.

3.2 Kondisi Sinyal Strain Gauge

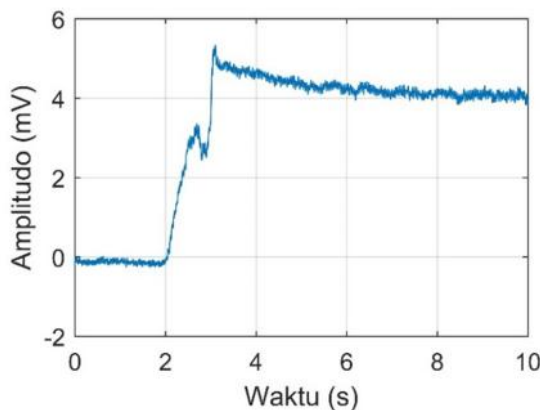
Sinyal strain gauge dari hasil pengujian terlihat pada Gambar 12. Menunjukkan sinyal regangan ketika kondisi pahat pada tahap 1 jelas terlihat bahwa amplitudo regangan diperoleh sebesar 1,5 (mv) pada waktu 2 (s). Kemudian Gambar 13. Pada pengujian ke 2 yang menggunakan pahat dengan keausan 0,15 (mm) terjadi peningkatan dari 1,5 (mv) menjadi 2 (mv), dan juga Gambar 14. Pada pengujian ke 3 yang menggunakan pahat dengan keausan 0,3 (mm) terjadi peningkatan 4,8 (mv) lebih tinggi dari mata pahat pengujian satu dan dua.



Gambar 12. Grafik regangan kondisi mata pahat baru



Gambar 13. Grafik regangan mata pahat kondisi keausan sedang/0,15 mm.



Gambar 14. Grafik regangan mata pahat kondisi keausan kritis/0,3 mm.

Sinyal strain gauge naik pada saat terjadi gesekan antara mata pahat dengan benda kerja yang berputar 1300 rpm. Dapat dilihat dari sinyal regangan pada kondisi mata pahat baru itu lebih rendah dari kondisi mata pahat keausan sedang dan kondisi mata pahat keausan sedang lebih rendah dari mata pahat keausan kritis. Semakin besar keausan terjadi maka sinyal yang keluar semakin tinggi.

4. Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sinyal getaran dan regangan dapat digunakan untuk memonitor kondisi pahat saat proses permesinan berlangsung.
2. Sinyal getaran dari kondisi mata pahat akan ditampilkan dalam parameter statistik berupa *root means square* (RMS), Kurtosis, dan Standar Deviasi. Nilai kurtosis naik secara signifikan. Lain halnya dengan pengujian sinyal RMS dan sinyal standar deviasi yang mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan konsistensi setiap parameter permesinan.

3. Sinyal regangan kondisi mata pahat dengan keausan kritis akan menghasilkan amplitudo yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan mata pahat baru dan mata pahat keausan sedang. Kenaikan amplitudo akan semakin meningkat seiring semakin meningkatnya keausan yang terjadi pada mata pahat.
4. Sinyal getaran dan regangan mempunyai korelasi yang sangat signifikan terhadap perubahan keausan mata pahat.
5. Dengan hasil seperti ini dapat dijadikan referensi permesinan untuk kondisi pemotongan yang sama, dan dapat mengatur kapan mata pahat diasah atau diganti dan juga dapat menghindari keausan yang lebih parah, untuk menjamin kualitas hasil pemesian.

Daftar Pustaka

- [1]. Dimla, D.E., (2000), "Sensor signals for tool-wear monitoring in metal cutting operation-a review of methods", *Internasional Journal of Machine Tools & manufacture*, 40, 1073-1098.
- [2]. M. Rizal, J.A. Ghani, M>Z> Nuawi, C.H.C. Haron, 2017. "Cutting Tool Wear Classification and Detection Signals and Mahalanobis-Taguchi System" Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala. Jurusan Teknik Mesin dan Material, Fakultas Teknik dan Built Environment, Universitas Kebangsaan Malaysia, UKM, 43600 Bangi, Malaysia.
- [3]. Zainuri Akmad, Santoso Didik R, Muslim M. Aziz, 2012. "Monitoring dan indentifikasi gangguan infus menggunakan mikrokontroler AVR" EECIS.
- [4]. Saputra Hendra, Yusfi Meqorry, 2013. "Rancang Bangun Alat Ukur Regangan Menggunakan Sensor Strain Gauge Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535 Dengan Tampilan LCD" Jurusan Fisika, Universitas Andalas.
- [5]. Irawan Amar Zainun, 2015, "Pengaruh Keausan Mata Pahat Terhadap Getaran Pada Mesin Bubut KNUTH COMPASS 250/1000B" Jurusan teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah kuala, Banda Aceh.
- [6]. Setiyono Budi, Ramali Ahmad D, Hidayanto Achmad, "Identifikasi kerusakan Mesin Berbasis Sinyal Getaran Dengan Metode FUZZY LOGIC" Jurusan Teknik Eletro, Fakultas Teknik, universitas Diponegoro, Semarang.