

**PEMANTAUAN KEAUSAN PAHAT POTONG BERDASARKAN
PENGUKURAN SINYAL ARUS MOTOR PADA PROSES PEMESINAN
BUBUT KONVENSIONAL**

(SKRIPSI)

**Oleh
SISWANTO**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

PEMANTAUAN KEAUSAN PAHAT POTONG BERDASARKAN PENGUKURAN SINYAL ARUS MOTOR PADA PROSES PEMESINAN BUBUT KONVENSIONAL

**Oleh
SISWANTO**

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh suatu metode baru yang dapat diaplikasikan untuk memantau, mendeteksi dan memprediksi keausan pahat secara dini sehingga kontrol kualitas dari produk dapat tetap terjaga dan proses pemesinan menjadi optimal. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh keadaan dimana terjadi keausan pahat akibat gesekan dan masih konvensionalnya metode pemantauan yang digunakan untuk memprediksi keausan pahat saat proses pemesinan berlangsung.

Penelitian ini merupakan penelitian dengan menggunakan metode eksperimen untuk mendapatkan data hasil penelitian. Penelitian dilakukan terhadap mesin bubut konvensional dengan mengukur arus listrik (I) dan keausan pahat (V_b). Parameter pemesinan yang digunakan adalah kecepatan potong (V_c), gerak makan (f) dan kedalaman potong (a) yang divariasikan. Analisis data yang digunakan adalah analisis kuantitatif dengan menggunakan analisis korelasi dan analisis regresi linear berganda.

Hasil penelitian yang didapat adalah tersusun suatu model matematik yang dapat dipakai untuk memprediksi keausan pahat dan memperoleh nilai koefisien korelasi yang dapat dipakai untuk menjelaskan keeratan hubungan antara arus listrik dan keausan pahat. Dari hasil analisis menggunakan analisis korelasi didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0.722 yang berarti bahwa terjadi hubungan yang kuat antara arus listrik dengan keausan pahat yang menandakan bahwa arus listrik dapat dilakukan untuk pemantauan keausan pahat. Dan dari hasil analisis dengan menggunakan analisis regresi linear berganda didapat 2 model matematik. Model yang pertama yaitu $I = 3.181 + 0.007V_c + 1.161f + 0.436e_1$, model ini digunakan untuk memprediksi nilai arus listrik terhadap parameter pemesinan. Model yang kedua yaitu $V_b = -1.042 + 0.333I + 0.466e_2$, model ini digunakan untuk memediasi persamaan model I terhadap keausan pahat.

Kata Kunci: Pemantauan, Arus Listrik, Keausan Pahat, Model Matematik

ABSTRACT

TOOL WEAR MONITORING BASED ON THE MEASUREMENT OF MOTOR CURRENT SIGNAL IN THE PROCESS OF CONVENTIONAL LATHE MACHINING

By
SISWANTO

The objective of this research is to obtain the new methodology that can be applied to monitor, detect and predict the wear rate of cutting tool in a real time mode in order to control the quality of product and optimize the machining process. The background of this research was based on the situation where the wear of cutting tool are mostly caused by the friction and the methodology to predict the tool wear are still conventionally applied during machining process.

This research used the experimental methodology to obtain the data. Experiments have been performed on a conventional lathe by measuring the current (I) and the tool wear (Vb). The machining parameters are over a range of different cutting speed (Vc), feeding (f) and the depth of cut (a). Data analysis was based on quantitative analysis by using correlation and multiple linear regression analysis.

The result of the research is a mathematical model that can be used to predict the tool wear and to obtain correlation coefficient value which can be used to explain the closeness of the relationship between electric current and the wear of cutting tool. Tests were analyzed using correlation analysis obtained correlation coefficient value of 0.722 which means that there is a strong relationship between electric current with the wear rate of cutting tool, that indicate the electric current can be used for monitoring the wear of cutting tool, that indicate the electric current can be used for monitoring the wear of cutting tools. And from the tests were analyzed using multiple linear regression analysis obtained two mathematical models. First model is $I = 3.181 + 0.007V_c + 1.161f + 0.436e_1$. This model is used to predict the value of electric current to the machining parameters. The second model is $V_c = -1.042 + 0.333I + 0.466e_2$, this model is used to mediate the first equation model to the wear of cutting tool.

Keywords: Monitoring, Electric Current, Tool Wear, Mathematical Model

**PEMANTAUAN KEAUSAN PAHAT POTONG BERDASARKAN
PENGUKURAN SINYAL ARUS MOTOR PADA PROSES PEMESINAN
BUBUT KONVENSIONAL**

**Oleh
SISWANTO**

Skripsi

**Sebagai satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNIK**

**Pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **PEMANTAUAN KEAUSAN PAHAT POTONG
BERDASARKAN PENGUKURAN SINYAL
ARUS MOTOR PADA PROSES PEMESINAN
BUBUT KONVENSIONAL**

Nama Mahasiswa : **Siswanto**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115021069

Program Studi : Teknik Mesin

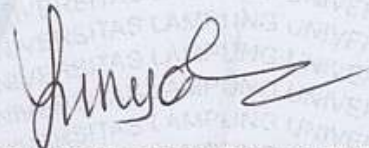
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

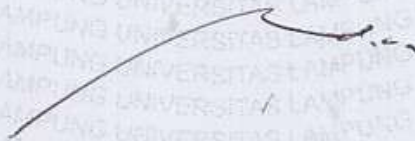


Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.
NIP 19640506 200003 1 001



Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, M.T.
NIP 19700501 200003 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

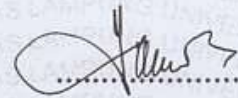


Ahmad Suudi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

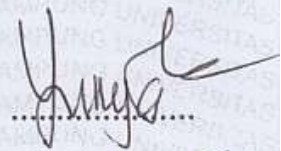
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

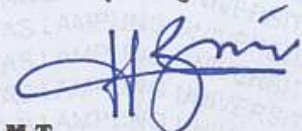
Ketua Penguji : Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.



Anggota Penguji : Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, M.T.



Penguji Utama : Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno MS, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Maret 2018

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN
HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27
PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT
KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



SISWANTO
NPM. 1115021069

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Indra Putra Subing 01 Mei 1993, sebagai anak kedua dari lima bersaudara pasangan Bapak Sudadi dan Ibu Tukirah. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Bumi Kencana Kecamatan Terbanggi Besar Kabupaten Lampung Tengah tahun 1999, menyelesaikan pendidikan Sekolah

Dasar di SD Negeri 04 Yukum Jaya Kecamatan Terbanggi Besar Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2005, menyelesaikan pendidikan Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama di MTS Negeri 01 Poncowati Kecamatan Terbanggi Besar Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2008, menyelesaikan pendidikan Sekolah Lanjutan Tingkat Atas di SMK Negeri 02 Terbanggi Besar Kecamatan Terbanggi Besar Lampung Tengah pada Tahun 2011, dan pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif dalam organisasi internal kampus, yaitu sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan pada tahun 2012-2014. Pada tahun yang sama saat penulis menjabat sebagai anggota Penelitian dan Pengembangan, penulis juga aktif dalam kegiatan Program Kreatifitas Mahasiswa (PKM) yang diselenggarakan oleh DIKTI. Pada tahun ini penulis melaksanakan

kegiatan PKM yang didanai oleh DIKTI dibidang Penerapan Teknologi dan diamanahkan oleh Dikti mewakili Universitas pada kegiatan Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) yang diselenggarakan DIKTI di Universitas Diponegoro (UNDIP).

Pada tahun 2014-2016 penulis juga aktif dalam kegiatan yang diselenggarakan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (BALITBANGDA) Provinsi Lampung dan Badan Perencanaan Pengembangan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Lampung Tengah dalam kegiatan Apresiasi Penelitian dan Pengembangan Teknologi Tepat Guna.

Pada bidang akademik, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. Astra Otoparts Tbk. Divisi Adiwira Plastik yang berlokasi di Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 47 Nanggewer Mekar, Bogor pada tahun 2014. Pada tahun ajaran 2014/2015 dan 2015/2016 penulis diamanahkan untuk menjadi asisten praktikum proses produksi. Pada tahun 2017 penulis melakukan penelitian pada bidang konsentrasi Produksi dengan judul tugas akhir “Pemantauan Keausan Pahat Potong Berdasarkan Pengukuran Sinyal Arus Motor Pada Proses Pemesinan Bubut Konvensional” dibawah bimbingan Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. dan Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, M.T.

Bandar Lampung, Desember 2017

Penulis

Siswanto

MOTTO

"Gintanya adalah paket air mata, keringat, dan dedikasi untuk merangkai jutaan hal kecil agar dunia ini menjadi tempat yang indah dan masuk akal bagi seseorang."

PERSEMBAHAN

Dengan Kerendahan Hati meraih Ridho Illahi Robbi dan syafaat nabi Muhammad SAW Kupersembahkan karya Kecilku ini untuk orang-orang yang aku sayangi

Ibu dan Ayahku

Kedua orang tua, Bapak Sudadi dan Ibu Tukirah atas segala pengorbanan yang tak terbalaskan, doa, kesabaran, keikhlasan, cinta dan kasih sayangnya yang tidak ada putusnya.

Kakak dan adik-adikku

Kepada kakakku Guntoro Rubianto dan adik-adikku Rendi Prayoga, Bagas Wahyudi dan Handini sebagai teman, kakak, adik, sahabat dalam segala suasana duka dan suka serta kebersamaan tanpa batas selama ini.

Dosen Teknik Mesin

Yang selalu membimbing, mengajarkan, memberikan saran serta saran baik secara akademis maupun non akademis

Tim Lab. Proses Produksi

Yang selalu membantu, memberikan semangat, teman belajar menuju keberhasilan

Sahabat Mesin '11

*Yang selalu memberi semangat dan berdiri tegap disampingku saat suka
maupun duka, berbagi nasihat dan keceriaan.*

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbilalamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan mempersembahkan judul "*Pemantauan Keausan Pahat Potong Berdasarkan Pengukuran Sinyal Arus Motor Pada Proses Pemesinan Bubut Konvensional*" dengan sebaik-baiknya.

Shalawat beriring salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam Nabi Muhammad SAW, sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari ajal menjemput.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, motivasi dan bantuan baik moral maupun materi oleh banyak pihak. Untuk itu dengan sepenuh ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT dengan segala kuasa-NYA pemberi rahmat, hidayah dan ampunan bagi hamba-NYA termasuk penulis. Terimakasih ya Allah, semoga semua hal yang telah penulis lakukan dan kerjakan bernilai ibadah dan mendapat pahala dari-MU. Amin ya rabb
2. Nabi Muhammad SAW, untuk segala hal yang telah beliau lakukan dahulu. Menyempurnakan ahlaq sehingga semua ummat yang hidup hingga sekarang dapat merasakan nikmat iman dan islam secara utuh serta tanpa keraguan.

3. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M. P, selaku Rektor Universitas Lampung.
4. Prof. Suharno MS, M.Sc., PhD. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Bapak Harnowo Supriadi, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T selaku dosen pembimbing utama tugas akhir ini, yang banyak memberikan waktu, ide pemikiran dan semangat serta motivasi bagi penulis.
8. Bapak Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, M.T. selaku pembimbing kedua tugas akhir ini, yang telah banyak memberikan waktu dan pemikiran bagi penulis.
9. Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T selaku dosen pembahas yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang bermanfaat bagi penulis.
10. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
11. Staf Akademik serta Asisten Laboratorium yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Untuk kedua orang tua-ku Ayahanda Sudadi dan Ibunda tercinta Tukirah yang selalu menjadi pondasi utama penulis bertahan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin, tanpa mereka berdua penulis tidak akan mampu.
13. Kakakku Guntoro Rubianto dan Adik-adikku Rendi Prayoga, Bagas Wahyudi dan Handini, harapan saya kalian selalu rajin belajar agar kelak dapat melebihi kakaknya dan menjadi kebanggaan orang tua. Amiin...

14. Teruntuk kekasihku, sekaligus sahabat, adik, teman, *partner in crime* Dewi Puspita Sari calon S. Sos, hehe.. yang Insya Allah menjadi pendamping hidupku kelak. Terima kasih sudah memberikan waktu dan semangat, *thank you so much and I love you to the moon and back*. Semoga niat kita selalu di ridhoi oleh Allah SWT dan semoga kelak kamu menjadi istri serta ibu yang solehah. Amiin...
15. Seluruh rekan-rekan teknik mesin khususnya rekan seperjuangan angkatan 2011 untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dari angkatan 2011. "*Salam Solidarity Forever*".
16. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, Februari 2018

Penulis,

Siswanto
NPM. 1115021069

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Hipotesis.....	7
E. Sistematika Penulisan	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Proses Bubut	8
B. Keausan Pahat	12
C. Pengamatan Aus Pahat.....	17
D. Pemantauan Keausan Pahat.....	18
E. Pengukuran dengan Sensor Arus	19
F. Hubungan Arus Listrik dengan Keausan Pahat	22
G. Regresi.....	22
H. Koefisien Determinasi.....	23
I. Korelasi	24
J. SPSS.....	26

BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	27
B. Alat dan Bahan Penelitian	28
C. Diagram Alir Penelitian	33
D. Prosedur Percobaan	35
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Data Hasil Percobaan	41
B. Uji Anava	43
C. Model Struktur Regresi dan Korelasi	46
D. Uji Asumsi Klasik	49
E. Analisis Regresi Model I	64
F. Analisis Regresi Model II	66
G. Analisis Korelasi	68
H. Validasi Model Regresi	69
I. Pembahasan	73
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	77
B. Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Rincian Jadwal Penelitian	27
Tabel 2. Spesifikasi Mesin Bubut	30
Tabel 3. Spesifikasi <i>Clamp-On Multimeter</i>	31
Tabel 4. Variasi Parameter Pemesinan	35
Tabel 5. Kondisi Pemesinan	36
Tabel 6. Faktor dan Level Percobaan	36
Tabel 7. Derajat Kebebasan	37
Tabel 8. Rancangan Percobaan Matriks <i>Orthogonal Array L₁₈ (2x3²)</i>	37
Tabel 9. Data Nilai Arus dan Keausan Pahat	39
Tabel 10. Data Hasil Percobaan	42
Tabel 11. <i>Z-score</i> Arus Listrik dan Keausan Pahat	61
Tabel 12. <i>Z-score</i> Arus Listrik dan Keausan Pahat	63
Tabel 13. Arus Listrik Aktual Vs Prediksi	70
Tabel 14. Keausan Pahat Aktual Vs Prediksi	71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Mesin Bubut	8
Gambar 2. Gambar Skematis Proses Bubut	9
Gambar 3. Keausan Kawah dan Tepi	14
Gambar 4. <i>Clamp-On Multimeter</i>	20
Gambar 5. <i>Current Transformer</i> (CT)	21
Gambar 6. Dimensi Benda Kerja	28
Gambar 7. Pahat Bubut HSS <i>orthogonal</i>	29
Gambar 8. Geometri Pengasahan Pahat	29
Gambar 9. Mesin Bubut	30
Gambar 10. Jangka Sorong	31
Gambar 11. Mastech MS2115B <i>Clamp-on Multimeter</i>	31
Gambar 12. Alat Pemantauan Arus Listrik	32
Gambar 13. <i>Protactor</i>	32
Gambar 14. <i>Tool Microscope</i>	33
Gambar 15. Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 16. Skema <i>Set-Up</i> Pengambilan Data.....	38
Gambar 17. <i>Output Uji Anava</i>	44
Gambar 18. <i>Output Uji Anava</i>	45
Gambar 19. Struktur Regresi Model I	47
Gambar 20. Struktur Regresi Model II	48
Gambar 21. Struktur Korelasi	49
Gambar 22. <i>Output SPSS Uji Normalitas pada Regresi Linear Model I</i>	50
Gambar 23. P-P Plot Normalitas Residual Regresi Linear Model I	50
Gambar 24. <i>Output SPSS Uji Normalitas pada Regresi Linear Model II</i>	51
Gambar 25. P-P Plot Normalitas Residual Regresi Linear Model II	51

Gambar 26.	Uji Linearitas Arus Listrik dengan Kecepatan Potong	52
Gambar 27.	Uji Linearitas Arus Listrik dengan Gerak Makan	53
Gambar 28.	Uji Linearitas Keausan Pahat dengan Arus Listrik	54
Gambar 29.	<i>Output Regression</i> pada Regresi Linier Model I	55
Gambar 30.	Diagram <i>Scatter Heteroskedastisitas</i> Residual Model I	56
Gambar 31.	Diagram <i>Scatter Heteroskedastisitas</i> Residual Model II	57
Gambar 32.	<i>Output Autokorelasi</i> pada Regresi Linear Model I	58
Gambar 33.	<i>Output Autokorelasi</i> pada Regresi Linear Model II	60
Gambar 34.	<i>Output Regression</i> pada Regresi Linier dengan SPSS Model I	64
Gambar 35.	<i>Output Koefisien Determinasi</i> Model I	66
Gambar 36.	<i>Output Regression</i> pada Regresi Linier Model II	67
Gambar 37.	<i>Output Analisis Korelasi</i>	69

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam perkembangannya, industri pemesinan merupakan salah satu alternatif pengolahan logam menjadi suatu produk yang siap pakai. Saat ini telah banyak produk dari suatu logam yang diproduksi melalui proses pemesinan. Proses pemesinan dilakukan untuk menghasilkan produk yang memiliki bentuk kompleks dengan akurasi geometri dan dimensi tinggi dengan bantuan mesin perkakas yang cara kerjanya dengan menyayat atau memotong benda kerja.

Dalam proses pemesinan, terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja dimana benda kerja terpotong sedangkan pahat mengalami gesekan. Akibat gesekan ini pahat mengalami keausan. Keausan pahat akan makin membesar sampai batas tertentu sehingga pahat tidak dapat dipergunakan lagi. Semakin besar keausan yang terjadi maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan akan berakhir dengan rusaknya mata pahat. Kerusakan mata pahat seperti ini tidak boleh

terjadi sebab gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusak mesin perkakas, benda kerja dan dapat membahayakan operator (Rochim, 1993).

Pada industri kecil yang kebanyakan menggunakan mesin konvensional, untuk mengetahui keausan pahat saat proses pemesinan berlangsung, biasanya seorang operator mesin hanya menggunakan *feeling* atau perasaannya. Dengan metode *feeling* tersebut tentu tidak dapat dipastikan kebenarannya, kadang memang benar mengalami keausan dan terkadang tidak benar, tergantung dari jam terbang atau pengalaman operator mesin. Setelah metode *feeling* dilakukan, untuk memastikan kebenaran apakah pahat mengalami keausan atau tidak, maka operator mesin melakukan pengukuran keausan pahat dengan menggunakan *tool microscope*. Secara teknis memang *tool microscope* ini dapat digunakan, namun secara praktis tidak dapat digunakan karena harus menghentikan proses pemesinan dan harus melepas pahat serta harus menguasai metode *feeling* yang dipakai oleh operator tersebut. Tentu saja ini akan mengganggu proses pemesinan dan mengurangi produktivitas pemesinan.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, pemantauan keausan pahat potong pada proses pemesinan harus dikembangkan. Pemantauan kondisi alat potong bertujuan mendeteksi kesalahan pada pemotongan dan pahat pada mesin, memeriksa dan menjaga stabilitas proses pemesinan, menjaga toleransi pemesinan sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi standar yang ditetapkan dengan memperhitungkan keausan pahat serta menghindari kerusakan mesin akibat

kegagalan sistem. Pemantauan digunakan untuk memprediksi keausan pahat secara dini sehingga kontrol kualitas dari produk dapat tetap terjaga dan proses pemesinan menjadi optimal.

Berbagai macam pemantauan keausan pahat saat proses pemesinan berlangsung sudah banyak dilakukan orang. Seperti yang pernah dilakukan oleh Ghani dkk. (2011) dengan judul : “*Monitoring online cutting tool wear using low-cost technique and user friendly GUI*” menghasilkan metode pengukuran keausan pahat dengan mengukur defleksi pada pahat. Pengukuran defleksi pada pahat tersebut menggunakan sensor dengan *Graphical User Interface (GUI)* dan menganalisa sinyalnya dengan metode statistik terbaru yang disebut dengan *Integrated Kurtosis-based Algorithm for Z-filter Technique*. Pengembangan alat ini menggunakan sensor berbiaya rendah. Sistem ini mampu mendeteksi dan menganalisa sinyal yang berkaitan dengan defleksi dari pemotongan. Alat pengukur dipasang pada dudukan kemudian sinyal ditransmisikan ke perangkat pengkondisi sinyal, lalu ke akuisisi data, dan akhirnya ke sistem komputer. Hasil penelitian yang dilakukan diperoleh sistem pemantauan secara *online* untuk memprediksi tingkat keausan pada alat pemotong.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Rusnaldy dkk.(2011) dengan memanfaatkan getaran yang dihasilkan oleh mesin saat proses pemesinan berlangsung. Dalam jurnalnya menjelaskan bahwa biasanya operator akan mengetahui pahat telah mengalami tingkat keausan yang tinggi dari getaran yang

terjadi saat proses pemesinan berlangsung atau dari bunyi bising yang dihasilkan karena gesekan pahat yang telah aus dengan benda kerja. Pada penelitiannya ini untuk mengidentifikasi kondisi pahat dengan menempatkan sensor getaran pada sistem pahat sehingga diperoleh korelasi antara kondisi pahat dengan sinyal getaran yang dihasilkan. Pengukuran getaran dilakukan dengan bantuan *software lab view* untuk mengamati dan menyimpan data amplitudo getaran dari sensor. Dari nilai amplitudo getaran tersebut dapat dipantau kondisi pahat potong, kondisi pahat yang telah mengalami keausan akan menghasilkan nilai amplitudo getaran yang semakin tinggi. Penelitiannya tersebut menghasilkan pemantauan kondisi pahat yang dilakukan dengan mengukur sinyal getaran yang terjadi saat proses pemesinan berlangsung.

Kemudian pada tahun 2014 penelitian juga dilakukan oleh Ahmad Atif Fikri dkk. (2014) dengan judul : “*Online monitoring keausan cutting tool menggunakan audio signal*”. Pada penelitiannya tersebut menjelaskan bahwa pemantauan keausan pahat dapat dilakukan dengan mengetahui nilai *frequency* dan *amplitude* suara yang muncul saat proses pemesinan berlangsung. Cara untuk mengetahui nilai *frequency* dan *amplitude* suara adalah dengan bantuan sensor sinyal pemotongan dan *powerfull* untuk mendeteksi keausan pahat. Sinyal diproses menggunakan *software* komersial *lab view* berupa *time domain* dan *frequency domain*. Sinyal yang diterima oleh *lab view* tersebut difilter sehingga nilai yang muncul merupakan sinyal dari pemotongan. Dari sinyal pemotongan tersebut maka dapat diketahui nilai *frequency* dan *amplitude* yang muncul. Dalam

penelitiannya tersebut menghasilkan metode pemantauan keausan pahat potong secara *online*.

Penelitian mengenai pengukuran keausan pahat melalui pengukuran arus listrik pernah dilakukan oleh Xiao Li dkk. (2004). Penelitiannya tersebut dengan judul “*Fuzzy Estimation Of Feed Cutting Force From Current Measurement A Case Study On Intelligent Tool Wear Condition Monitoring*” menghasilkan metode pengukuran keausan pahat melalui pendekatan penalaran fuzzy. Penelitian tersebut dilakukan dengan mengidentifikasi besar gaya pemotongan melalui pengukuran arus dengan pendekatan penalaran fuzzy, dari gaya pemotongan tersebut dapat diperkirakan kondisi keausan pahat yang terjadi.

Pada penelitian ini penulis mencoba melakukan metode pemantauan keausan pahat potong berdasarkan pengukuran sinyal arus motor. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan sinyal arus listrik yang dikonsumsi oleh mesin pada saat proses pemesinan berlangsung. Untuk mengidentifikasi nilai arus listrik yang dikonsumsi, dengan menempatkan alat ukur arus pada sistem input kelistrikan mesin, pengukuran nilai arus ini dilakukan dengan bantuan *software Parallax Microcontroller Data Acquisition* dan *PCLink for MS2115B* untuk mengamati dan menyimpan nilai arus yang dikonsumsi. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh suatu metode baru yang dapat diaplikasikan untuk pemantauan keausan pahat potong.

B. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh model persamaan matematik untuk peramalan keausan pahat.
2. Memperoleh nilai koefisien korelasi antara nilai arus dengan keausan pahat.
3. Memvalidasi hasil pengukuran dengan keausan pahat *actual*.
4. Memperoleh kesimpulan apakah arus listrik dapat dilakukan untuk pemantauan keausan pahat atau tidak.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan pada mesin bubut konvensional Pinnachio.
2. Proses pemesinan dilakukan dengan *dry machining* (tanpa cairan pendingin).
3. Benda kerja yang digunakan adalah *low carbon steel*.
4. Bahan pahat yang digunakan adalah HSS *orthogonal*.
5. Kondisi pemesinan meliputi : kecepatan potong (mm/min), gerak makan (mm/rev) dan kedalaman potong (mm).
6. Menggunakan mikroskop standar biasa sebagai alat ukur keausan tepi (*flank wear*).
7. Metode analisa yang digunakan adalah dengan menggunakan regresi linear.
8. Alat bantu analisa data statistik yang digunakan adalah program SPSS.

D. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah :

1. Parameter pemesinan berpengaruh terhadap peningkatan arus listrik dan keausan pahat.
2. Arus listrik berkorelasi terhadap keausan pahat.

E. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan landasan teori dan beberapa literatur yang mendukung pembahasan tentang studi kasus yang diambil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan uraian metode yang digunakan untuk mencapai hasil yang diharapkan dalam penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan uraian hasil dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan uraian kesimpulan dari hasil dan pembahasan sekaligus memberikan saran yang dapat menyempurnakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan literatur-literatur atau referensi-referensi yang diperoleh penulis.

LAMPIRAN

Berisikan beberapa hal yang mendukung penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Proses Bubut

Mesin bubut seperti yang tertara pada gambar 1 merupakan salah satu mesin perkakas yang menggunakan prinsip dimana proses pemesinan dilakukan dengan cara menghilangkan beberapa bagian dari benda kerja untuk memperoleh bentuk geometri tertentu.

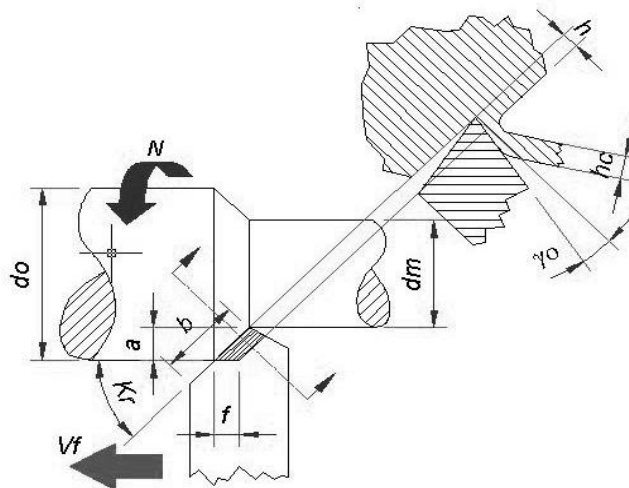


Gambar 1. Mesin Bubut
(Sumber: <http://diobubut.blogspot.co.id>, 2014)

Mesin bubut mempunyai gerak utama berputar pada benda kerja yang dicekam pada poros *spindle* dan pahat yang ditempatkan sedemikian rupa dengan posisi

kaku sehingga gerakan benda kerja terhadap pahat mampu mengubah bentuk dan ukuran benda dengan jalan menyayat benda tersebut dengan menggunakan pahat penyayat, posisi benda kerja berputar sesuai dengan sumbu mesin dan pahat bergerak kekanan dan kekiri searah sumbu mesin bubut menyayat benda kerja tersebut.

Proses bubut sesuai dengan definisi *ASM International* adalah proses pemesinan untuk membentuk permukaan yang dilakukan oleh pahat terhadap benda kerja yang berputar, penggunaan ini dirancang untuk memotong bagian material yang tidak diinginkan sehingga benda kerja mencapai dimensi, toleransi dan tingkat penyelesaian yang sesuai dengan rancangan teknisnya. Selain itu juga fungsi mesin bubut adalah membentuk benda kerja sesuai dengan spesifikasi geometri yang ditentukan (Rochim, 1993). Gambar 2 berikut menunjukkan skema proses mesin bubut :



Gambar 2. Gambar Skematis Proses Bubut
(Sumber: Taufiq Rochim, 1993)

Keterangan :

Geometri benda kerja :

d_o = diameter awal (mm)

d_m = diameter akhir (mm)

l_t = panjang pemesinan (mm)

Geometri pahat :

kr = sudut potong utama ($^{\circ}$)

Kondisi Pemesinan :

a = kedalaman potong (mm)

f = pemakanan (mm/putaran)

N = putaran poros utama (rpm)

γ_o = sudut geram ($^{\circ}$)

Beberapa parameter utama yang perlu diperhatikan pada proses bubut, yaitu :

a. Kecepatan potong

Kecepatan potong untuk proses bubut dapat didefinisikan sebagai kerja rata-rata pada sebuah titik lingkaran pada pahat potong dalam satu menit. Kecepatan putar (*speed*), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (*spindle*) dan benda kerja. Secara sederhana kecepatan potong diasumsikan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar. Kecepatan potong biasanya dinyatakan dalam unit satuan m/menit (Widarto, 2008). Kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda dan putaran poros utama.

$$v = \frac{\pi dn}{1000} ; \text{ m/min} \dots\dots\dots (1)$$

dimana, d = diameter rata-rata

$$= (d_o + d_a)/2 ; \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

b. Kecepatan makan

Gerak makan adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali sehingga satuan f adalah mm/rev. Gerak makan pula ditentukan oleh kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan yang diinginkan. Sehingga kecepatan makan didefinisikan sebagai jarak dari pergerakan pahat potong sepanjang jarak kerja untuk setiap putaran dari spindel (Widarto, 1998).

$$V_f = f.n ; \text{ mm/min} \dots\dots\dots (3)$$

c. Waktu pemotongan

Waktu pemotongan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk (Rochim, 1993). Rumus waktu pemotongan adalah :

$$t_c = \frac{lt}{vf} ; \text{ min} \dots\dots\dots (4)$$

d. Kedalaman potong

Kedalaman potong didefinisikan sebagai kedalaman geram yang diambil oleh pahat potong. Dalam pembubutan kasar, kedalaman potong maksimum tergantung pada kondisi dari mesin, tipe pahat potong yang digunakan dan keternesinan dari benda kerja (Rochim,1993). Rumus kedalaman potong adalah:

$$a = \frac{d_0 - d_m}{2} ; \text{ mm} \dots\dots\dots (5)$$

e. Kecepatan penghasilan geram

Geram adalah potongan dari material yang terlepas dari benda kerja oleh pahat potong.

$$Z = A.v ; \text{cm}^3/\text{min} \dots\dots\dots (6)$$

dimana, A = penampang geram sebelum dipotong

$$A = f.a ; \text{mm}^3 \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{maka : } Z = f.a.v ; \text{cm}^3/\text{min} \dots\dots\dots (8)$$

B. Keausan Pahat

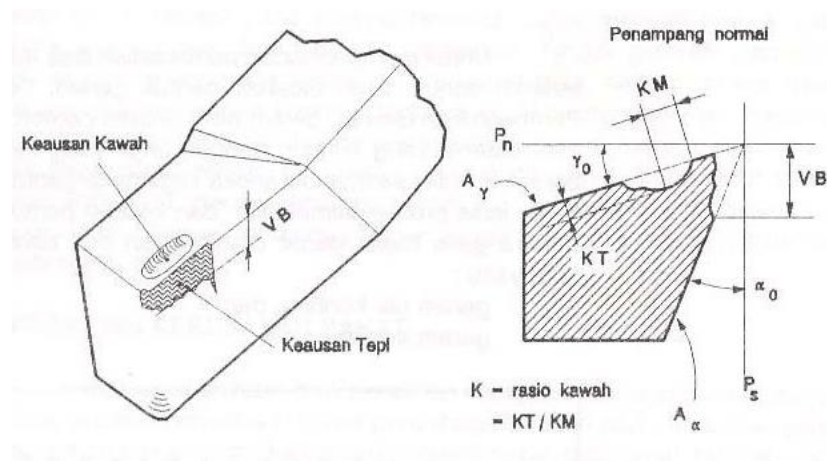
Selama proses pembentukan geram berlangsung, pahat (*tools*) akan menderita tekanan dan temperatur yang tinggi. Gesekan antara geram dengan pahat, antara benda kerja dengan pahat, menyebabkan keausan pada bidang-bidang utama dari pahat (bidang muka pahat dan bidang potong utama). Proses keausan ini berlangsung terus sehingga dapat mengubah bentuk dari mata potong. Karena perubahan bentuk ini maka gaya-gaya pemotongan akan menjadi besar, demikian pula permukaan benda kerja akan menjadi kasar. Oleh karena itu suatu pahat disebut sudah mencapai batas umurnya apabila batasan-batasan yang telah ditentukan terlampaui. Batasan-batasan tersebut dapat berupa kehalusan permukaan, toleransi dimensi ataupun gaya pemotongan. Untuk memperpanjang daya tahan pahat, maka material dari pahat harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Cukup kuat dan keras untuk menahan tekanan tinggi, akan tetapi tidak boleh terlalu rapuh.
2. Kekuatan dan kekerasannya harus tetap tinggi walaupun temperature tekanan pemotongan adalah tinggi.
3. Pada temperatur yang tinggi daya tahan keausannya harus tetap baik.

Pada proses pembubutan keausan pahat dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu beban yang bekerja pada pahat, temperatur yang ditimbulkan karena gesekan, dan gesekan antara pahat dan material yang dibubut. Keausan tergantung juga pada jenis material dan pahat bubut dan benda kerja yang dipilih, geometri pahat bubut dan fluida yang digunakan sebagai pendingin (Kalpakjian, 1985).

Tahapan keausan pahat dapat dibagi menjadi dua :

- a. Keausan bagian muka pahat yang ditandai dengan pembentukan kawah/lekukan (*crater wear*) sebagai hasil dari gesekan serpihan (*chip*) sepanjang muka pahat.
- b. Keausan pada bagian sisi (*flank wear*) yang terbentuk akibat gesekan benda kerja yang bergerak (dengan *feeding* tertentu).



Gambar 3. Keausan Kawah dan Tepi
(Sumber: Taufiq Rochim, 1993)

Mekanisme aus pahat pada *turning* dapat diklasifikasikan yaitu : (Rochim, 1993)

a. Proses Pengikisan (*abrasive*)

Berupa gesekan antara aliran material benda kerja pada bidang geram dan bidang utama pahat. Proses pengikisan berbanding langsung terhadap jarak potong (*cutting distance*) dan tidak tergantung pada suhu.

b. Proses Kimiawi

Dua permukaan yang saling bergesekan dengan tekanan yang cukup besar beserta lingkungan kimiawi yang aktif (udara maupun cairan pendingin dengan komposisi tertentu) dapat menyebabkan interaksi antara material pahat dengan benda kerja. Permukaan material benda kerja yang baru saja terbentuk (permukaan geram dan permukaan benda kerja yang telah terpotong) sangat kimiawi aktif sehingga mudah bereaksi kembali dan menempel pada permukaan pahat. Pada kecepatan potong yang rendah, oksigen dalam udara pada celah-celah diantara pahat dengan geram atau benda kerja mempunyai kesempatan untuk bereaksi dengan material benda kerja sehingga akan

mengurangi derajat penyatuan dengan permukaan pahat. Akibatnya daerah kontak dimana pergeseran antara pahat dengan geram/benda kerja akan lebih luas sehingga proses keausan karena gesekan akan terjadi lebih cepat.

c. Proses Adhesi (*adhesive*) atau kerusakan patah rapuh

Sebagai laju proses yang terkait dengan suhu serta kondisi pemotongan. Pada tekanan dan temperatur yang relatif tinggi, permukaan metal yang baru saja terbentuk akan menempel dengan permukaan metal yang lain. Proses adhesi tersebut terjadi disekitar mata potong pada bidang geram and bidang utama pahat.

d. Proses Difusi atau Peresapan (*Diffusion*)

Pada daerah dimana terjadi pelekatan (adhesi) antara material benda kerja dengan pahat dibawah tekanan dan temperatur yang tinggi serta adanya aliran metal (geram dan permukaan terpotong relatif terhadap pahat) akan menyebabkan timbulnya proses difusi. Dalam hal ini terjadi perpindahan atom metal dan karbon dari daerah dengan kecepatan tinggi menuju kedaerah dengan konsentrasi rendah. Kecepatan keausan karena proses difusi dipengaruhi beberapa faktor, antara lain :

1. Daya larut (*solubility*) dari berbagai fasa dalam struktur pahat terhadap material benda kerja.
2. Temperatur
3. Kecepatan aliran metal yang melarutkan.

e. Proses Oksidasi

Pada kecepatan potong yang tinggi (temperatur yang tinggi) ketahanan karbida atas proses oksidasi akan menurun. Karbida dapat teroksidasi bila temperaturnya cukup tinggi dan tak ada perlindungan terhadap serangan oksigen dalam atmosfer. Akibatnya struktur material pahat akan lemah dan tidak tahan akan deformasi yang disebabkan oleh gaya pemotongan. Cairan pendingin dalam batas-batas tertentu mampu mencegah terjadinya proses oksidasi.

f. Proses Deformasi Plastik

Kekuatan pahat untuk menahan tegangan tekan merupakan sifat material pahat yang dipengaruhi oleh temperatur. Hal inilah yang merupakan faktor utama yang membatasi kecepatan penghasilan geram bagi suatu jenis pahat. Penampang geram harus direncanakan supaya tekanan yang diderita ujung/pojok pahat tidak melebihi batas kekuatan pahat untuk menghindari terjadinya proses deformasi plastik.

Keausan pahat akan menimbulkan efek samping diantaranya yaitu : (Rochim, 1993)

- a. Adanya kenaikan gaya potong,
- b. Terjadinya getaran/*chatter*,
- c. Penurunan kehalusan permukaan hasil permesinan dan
- d. Perubahan dimensi/geometri produk.

Semakin besar kausan pahat maka kondisinya akan semakin kritis. Jikalau pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu ujung pahat sama sekali rusak. Kerusakan fatal seperti ini tidak boleh terjadi sebab gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusak seluruh pahat, mesin perkakas, benda kerja, dan dapat membahayakan operator.

C. Pengamatan Aus Pahat

Metode pengamatan aus dan kegagalan pahat dapat dilakukan dengan dua katagori yaitu pengamatan langsung dan pengamatan tidak langsung (Kalpakjian, 1995).

a. Pengamatan langsung

Metode pengamatan langsung adalah pengamatan pengukuran secara optik/mikroskopik terhadap kondisi aus pahat potong yang dilakukan secara periodik dalam bentuk pengikisan sisi serta kawah pahat dan temperatur pemotongan yang berkaitan dengan perubahan profil pahat. Cara ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop atau *SEM*. Prosedur dengan cara ini dilakukan pada kondisi pemotongan yang dihentikan pada interval waktu tertentu guna dilakukan pengamatan profil kerusakan pahat secara periodik (Kalpakjian, 1995).

b. Pengamatan tidak langsung

Pengamatan tidak langsung adalah pengukuran aus pahat yang dipengaruhi oleh korelasi antara kondisi pahat dengan variabel gaya potong, daya, panas

yang terjadi dan getaran dan bukan akibat abrasif dan temperatur pemotongan (Kalpakjian, 1995).

D. Pemantauan Keausan Pahat

Dengan kurang baiknya pemantauan akan menyebabkan toleransi yang tidak akurat, kekasaran produk dari benda kerja tidak sesuai atau yang paling tidak diinginkan seperti kerusakan dari *tool* atau mesin yang membutuhkan biaya yang tinggi untuk memperbaikinya. Banyak penelitian dilakukan untuk mengembangkan *tool condition monitoring system* (TCMS). Namun pengembangan tersebut menemui banyak kesulitan untuk diaplikasikan. Salah satu kendalanya adalah harga sensor yang cukup mahal sehingga hanya industri besar yang dapat mengaplikasikannya. Kesulitan lain yang sering ditemui adalah memperhitungkan *noise* yang terjadi pada saat pemotongan. Karakteristik proses pemotongan dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Repo, 2010) :

- a. Perilaku yang kompleks bahkan *chaotic* dari benda kerja akibat tidak homogenya material.
- b. Sensitivitas dari parameter pemesinan pada kondisi permesinan.
- c. Hubungan yang tidak linear antara parameter pemesinan dengan keausan pahat.

E. Pengukuran Dengan Sensor Arus

Arus Listrik merupakan aliran elektron-elektron dari atom ke atom yang terjadi pada sebuah penghantar dengan kecepatan dalam waktu tertentu. Penyebab timbulnya arus listrik tersebut dikarenakan adanya beda potensial pada kedua ujung penghantar yang terjadi karena mendapatkan suatu tenaga untuk mendorong elektron-elektron tersebut berpindah-pindah tempat. Umumnya gerakan aliran elektron ini akan menuju tempat yang lebih lemah tekanannya. Sedangkan besar kecilnya arus listrik yang terjadi tentu saja bergantung pada pembangkit listrik yang mengeluarkan tenaga tersebut.

Kecepatan perpindahan arus listrik dapat disebut laju arus yang dapat ditulis dengan I dengan satuan ampere. Dan arus listrik terjadi jika muatan listrik tersebut mengalir setiap detik. Sehingga dapat dituliskan hubungan muatan listrik, arus listrik, dan waktu, dengan rumus :

$$I = Q/t \text{ atau } Q = I \times t \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

I = Kuat arus listrik (A)

Q = Banyaknya muatan Listrik (Coulomb)

T = waktu (s)

Alat yang digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir disebut ampere meter. Arus listrik yang mengalir pada suatu konduktor menimbulkan medan

magnet. Oleh sebab itu arus listrik dapat diukur dengan besarnya medan magnet. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan satu kabel ke multimeter. Hal tersebut dilakukan dengan membuat gap dalam satu kabel dengan melepas kabel dan menghubungkannya ke multimeter. Pengukuran arus juga dapat dilakukan dengan menggunakan *Clamp-On Multimeter*. *Clamp-On Multimeter* digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada kabel dengan baik. Tidak seperti multimeter, *Clamp-On Multimeter* dapat mengukur kabel yang dialiri tegangan dan arus secara langsung tanpa menyentuh kabel, sehingga minim kemungkinan terjadi arus pendek atau tersengat listrik. *Clamp-On Multimeter* dapat menghitung besar tegangan dan juga arus. *Clamp-On Multimeter* jauh lebih aman jika dibandingkan dengan Multimeter Standar.



Gambar 4. *Clamp-On Multimeter*
(Sumber: wikimedia.org)

Sedangkan untuk sensor yang digunakan untuk mengukur arus dinamakan dengan *Current Transformer* (CT). Berikut merupakan gambar contoh *Current Transformer* (CT) :



Gambar 5. *Current Transformer* (CT)
(Sumber: yhdc.com)

Current Transformer (CT) adalah suatu peralatan listrik yang dapat memperkecil arus besar menjadi arus kecil, yang dipergunakan dalam rangkaian arus bolak-balik. CT digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya ratusan ampere lebih yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Jika arus hendak diukur mengalir pada tegangan rendah dan besarnya dibawah 5 ampere, maka pengukuran dapat dilakukan secara langsung sedangkan arus yang besar tadi harus dilakukan secara tidak langsung dengan menggunakan CT. CT terdiri dari dua belitan yaitu belitan primer dan belitan sekunder serta terdapat inti magnetik. Jika arus primer yang masuk ke dalam current transformer ke terminal P1/K dan arus yang mengalir ke sekunder dinamakan terminal S1 k. Arus keluaran dapat diukur pada sisi sekunder dari CT dengan menggunakan alat ukur ampere meter. Selanjutnya terdapat terminal kedua pada CT disisi primer yaitu P2/L adalah terminal yang arusnya

diperoleh dari P1/K yang dialirkan ke beban dan S2/l sisi sekunder adalah terminal yang arusnya diperoleh dari S/K (Anonim, 2014).

F. Hubungan Arus Listrik dengan Keausan Pahat

Efek keausan pahat ditinjau dari ukuran performa secara teknik adalah berkaitan dengan konsekuensi menurunnya akurasi dimensi, meningkatnya kekasaran permukaan, meningkatnya gaya potong, meningkatnya suhu, getaran yang meningkat, kualitas komponen, meningkatnya arus listrik yang terpakai dan meningkatnya ongkos produksi (Rochim, 1993). Semakin besar keausan pahat yang diderita maka semakin besar pula arus listrik yang dikonsumsi mesin.

G. Regresi

Pengertian regresi secara umum adalah sebuah alat statistik yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan (model) antar dua variabel atau lebih. Dalam analisis regresi dikenal 2 jenis variabel yaitu (Sugiyono, 2008) :

1. Variabel respon disebut juga variabel *dependen* yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lainnya dan dinotasikan dengan variabel Y.
2. Variabel prediktor disebut juga dengan variabel *independen* yaitu variabel bebas (tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya) dan dinotasikan dengan X.

Tujuan utama regresi adalah untuk membuat perkiraan nilai suatu variabel (*variabel dependen*) jika nilai variabel yang lain yang berhubungan dengannya

(variabel lainnya) sudah ditentukan. Bentuk persamaan umum model regresi adalah sebagai berikut :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n + e \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

Y = Variabel terikat (*dependen*)

X₁, X₂, X₃, X_n = Variabel bebas (*independen*)

b₀ = Konstanta

b₁, b₂, b₃, b_n = Koefisien regresi

e = *Error*

H. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dinyatakan dengan R^2 untuk pengujian regresi linier berganda yang mencakup lebih dari dua variabel. Koefisien determinasi adalah untuk mengetahui proporsi keragaman total dalam variabel tak bebas Y yang dapat dijelaskan atau diterangkan oleh variabel-variabel bebas X yang ada di dalam model persamaan regresi linier berganda secara bersama-sama. Maka R^2 akan ditentukan dengan rumus :

$$R^2 = \frac{JK_{reg}}{\sum y_i^2} \dots\dots\dots (11)$$

Dengan :

JK_{reg} = Jumlah kuadrat regresi

Harga R yang diperoleh sesuai dengan variasi yang dijelaskan masing-masing variabel yang tinggal dalam regresi. Hal ini mengakibatkan variansi yang dijelaskan penduga yang disebabkan oleh variabel yang berpengaruh saja (yang bersifat nyata).

I. Korelasi

Korelasi adalah derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih dari data hasil pengamatan. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan dalam satu variabel diikuti oleh perubahan variabel lain, baik yang searah maupun tidak. Hubungan antara variabel dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis :

a. Korelasi Positif

Terjadinya korelasi positif apabila perubahan antara variabel yang satu diikuti oleh variabel lainnya dengan arah yang sama (berbanding lurus). Artinya apabila variabel yang satu meningkat, maka akan diikuti peningkatan variabel lainnya.

b. Korelasi Negatif

Terjadinya korelasi negative apabila perubahan antara variabel yang satu diikuti oleh variabel lainnya dengan arah yang berlawanan (berbanding terbalik). Artinya apabila variabel yang satu meningkat, maka akan diikuti penurunan variabel lainnya.

c. Korelasi Nihil

Terjadinya korelasi nihil apabila perubahan antara variabel yang satu diikuti oleh variabel lainnya dengan arah yang tidak teratur (acak). Artinya apabila variabel yang satu meningkat, kadang diikuti dengan peningkatan pada variabel lain dan kadang diikuti dengan penurunan pada variabel lain.

Berdasarkan hubungan antar variabel yang satu dengan variabel lainnya dinyatakan dengan koefisien korelasi yang disimbolkan dengan "r". Besarnya korelasi berkisar antara $-1 \leq r \leq 1$. Untuk mencari korelasi antara variabel Y dengan X dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum X_{1i}Y_i - (\sum X_{1i})(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\}\{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \dots\dots\dots (12)$$

Untuk hubungan empat variabel tersebut dapat dihitung dengan :

1. Koefisien korelasi antara X_1 dan Y

$$r_{yx1} = \frac{n \sum X_{1i}Y_i - (\sum X_{1i})(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_{1i}^2 - (\sum X_{1i})^2\}\{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \dots\dots\dots (13)$$

2. Koefisien korelasi antara X_2 dan Y

$$r_{yx2} = \frac{n \sum X_{2i}Y_i - (\sum X_{2i})(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_{2i}^2 - (\sum X_{2i})^2\}\{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \dots\dots\dots (14)$$

3. Koefisien Korelasi antara X_3 dan Y

$$r_{yx3} = \frac{n \sum X_{3i}Y_i - (\sum X_{3i})(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_{3i}^2 - (\sum X_{3i})^2\}\{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \dots\dots\dots (15)$$

Nilai koefisien korelasi adalah $-1 \leq r \leq 1$. Jika dua variabel berkorelasi negatif maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati -1, jika dua variabel tidak berkorelasi maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati 0, sedangkan jika dua variabel berkorelasi positif maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati 1. Untuk lebih mengetahui seberapa jauh derajat antara variabel-variabel tersebut, dapat dilihat dalam perumusan berikut :

$1,00 \leq r \leq -0,80$ berarti korelasi kuat secara negatif

$-0,79 \leq r \leq -0,50$ berarti korelasi sedang secara negatif

$-0,49 \leq r \leq 0,49$ berarti korelasi lemah

$0,50 \leq r \leq 0,79$ berarti berkorelasi sedang secara positif

$0,80 \leq r \leq 1,00$ berarti berkorelasi kuat secara positif

J. SPSS

SPSS adalah sebuah program aplikasi yang memiliki kemampuan analisis statistik cukup tinggi serta sistem manajemen data pada lingkungan grafis dengan menggunakan menu-menu deskriptif dan kotak-kotak dialog yang sederhana sehingga mudah untuk dipahami cara pengoperasiannya. Beberapa aktivitas dapat dilakukan dengan mudah dengan menggunakan pointing dan *clicking mouse*. SPSS banyak digunakan dalam berbagai riset pemasaran, pengendalian dan perbaikan mutu (quality improvement), serta riset-riset sains (Anonim, 2013).

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi Universitas Lampung. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Juli 2017 sampai dengan November 2017. Jadwal rincian dapat dilihat dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Rincian Jadwal Penelitian

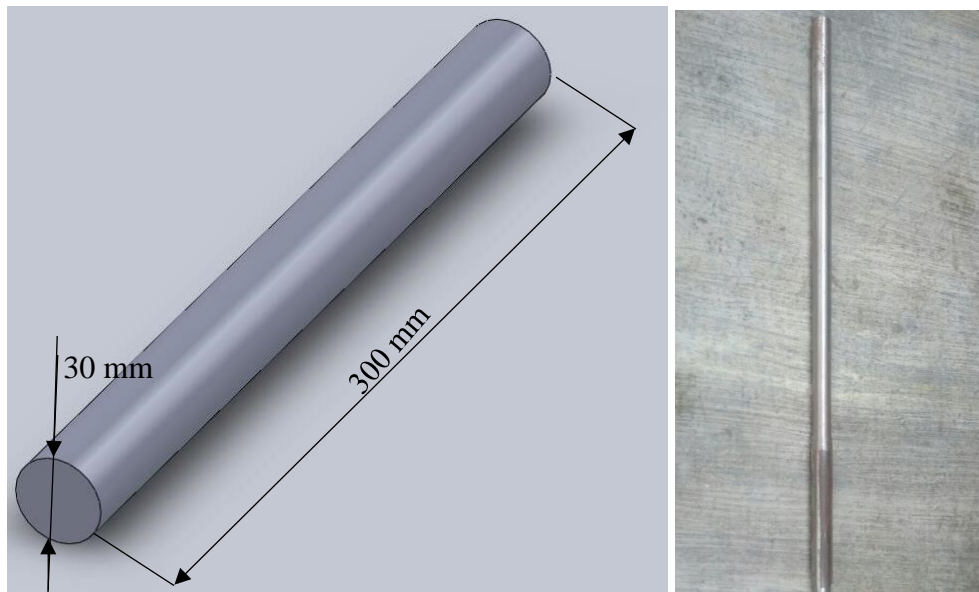
No.	Jenis Kegiatan	Bulan				
		Jul.	Agst	Sep.	Okt.	Nov.
1.	Studi Pustaka	■				
2.	Persiapan dan Set-up alat		■			
3.	Pelaksanaan percobaan			■		
4.	Analisa data percobaan				■	
5.	Pembuatan laporan					■

B. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Material ST-37

Material benda kerja yang digunakan sebagai spesimen uji dalam penelitian ini adalah ST-37. Benda kerja yang digunakan berbentuk bulat dengan diameter 30 mm dan panjang 300 mm. ST-37 termasuk kedalam baja karbon rendah (*low carbon steel*). Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi, akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lain.

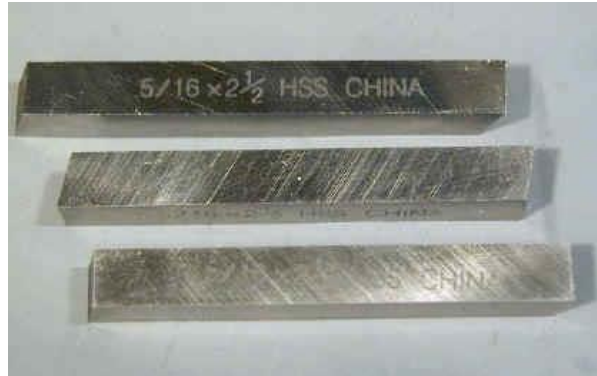


Gambar 6. Dimensi Benda Kerja

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

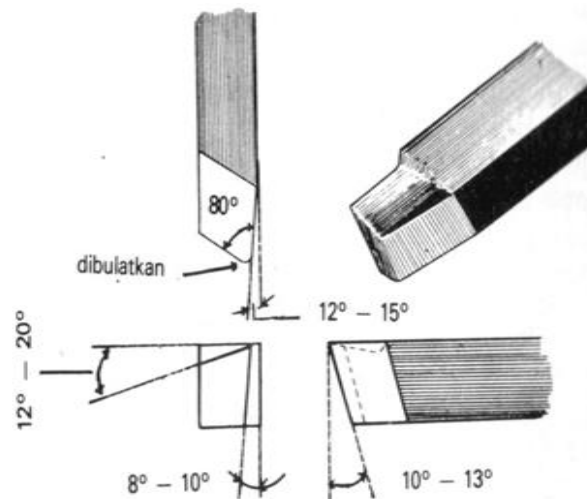
1. Pahat Bubut HSS *orthogonal*

Pahat ini memiliki kekerasan 65 HRC dan dipakai untuk baja karbon.



Gambar 7. Pahat Bubut HSS *orthogonal*

Pahat bubut rata memiliki sudut potong dan sudut-sudut kebebasan sebagai berikut : sudut potong total 80° , sudut potong sisi samping (*side cutting adge angle*) $12^\circ - 15^\circ$, sudut bebas tatal (*side rake angle*) $12^\circ - 20^\circ$, sudut bebas muka (*front clearance angle*) $8^\circ - 10^\circ$ dan sudut bebas samping (*side clearance angle*) $10^\circ - 13^\circ$. Geometri pahat dapat dilihat pada gambar :



Gambar 8. Geometri Pengasahan Pahat

2. Mesin Bubut

Mesin bubut yang digunakan adalah mesin bubut konvensional merk

PINACHO type S-90/200 :

Tabel 2. Spesifikasi Mesin Bubut

Fitur	Spesifikasi
<i>Merk</i>	PINACHO
<i>Type</i>	S-90/200
<i>Buatan</i>	SPAIN, July 1999
<i>Central High</i>	200 mm
<i>Central Distance</i>	750 – 1150 mm
<i>Swing Over Bed</i>	400 mm
<i>Swing Over Grap</i>	600 mm
<i>Swing Over Carriage</i>	370 mm
<i>Swing Cross Slide</i>	210 mm
<i>Bed width</i>	300 mm
<i>Main Motor Power</i>	4 Kw
<i>Pump Motor Power</i>	0.06 Kw



Gambar 9. Mesin Bubut

3. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur benda kerja.



Gambar 10. Jangka Sorong

4. *Clamp-On Multimeter*

Clamp-On Multimeter digunakan untuk mengukur arus.

Tabel 3. Spesifikasi *Clamp-On Multimeter*

Fitur	Spesifikasi
<i>Merk</i>	MASTECH MS2115B
<i>AC/DC Current Measurement</i>	60A/600A/1000A
<i>AC/DC Voltage Measurement</i>	600mV/6V/60V/600V
<i>Data Storing</i>	<i>USB Interface and Analysis Software</i>



Gambar 11. Mastech MS2115B *Clamp-on Multimeter*

5. Alat Pemantauan Arus Listrik

Alat pemantauan arus ini dapat menunjukkan nilai pengukuran pada LCD dan data excel secara *real-time*.



Gambar 12. Alat Pemantauan Arus Listrik

6. Laptop

Laptop digunakan untuk media penerima hasil pengukuran arus pada *clamp-on multimeter* dan alat pemantauan arus yang ditampilkan melalui excel.

7. Protactor

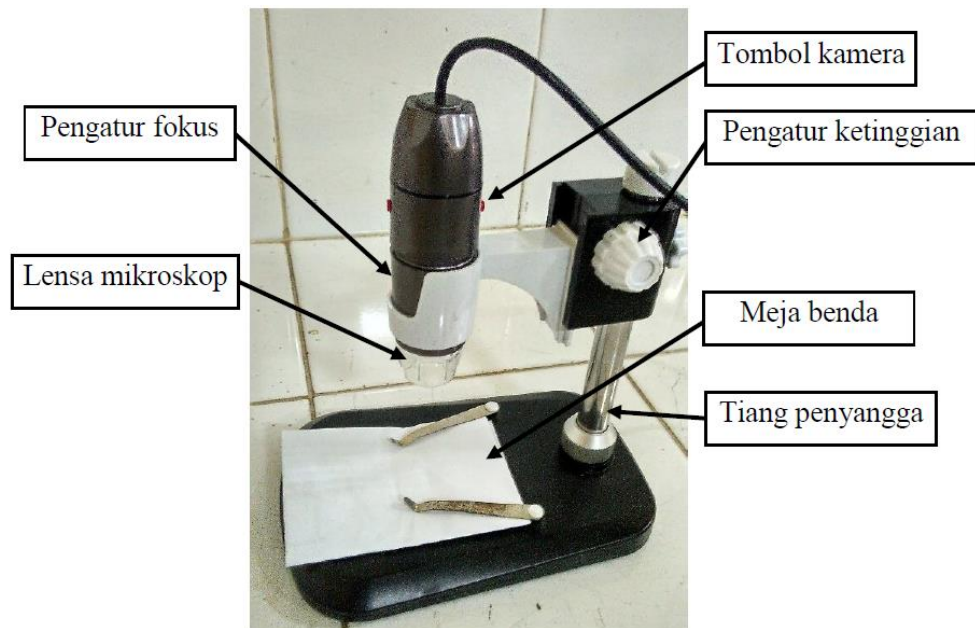
Protactor digunakan untuk mengukur sudut-sudut mata pahat.



Gambar 13. *Protactor*

8. Tool Microscope

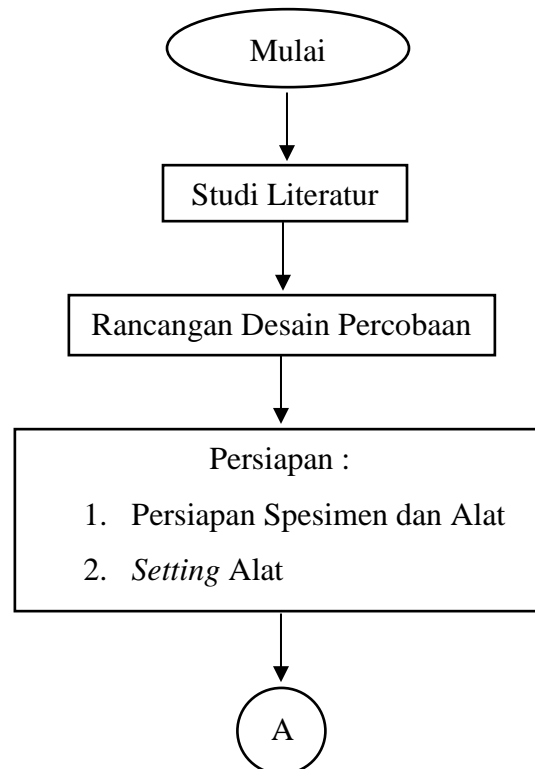
Digunakan untuk mengukur keausan pahat.

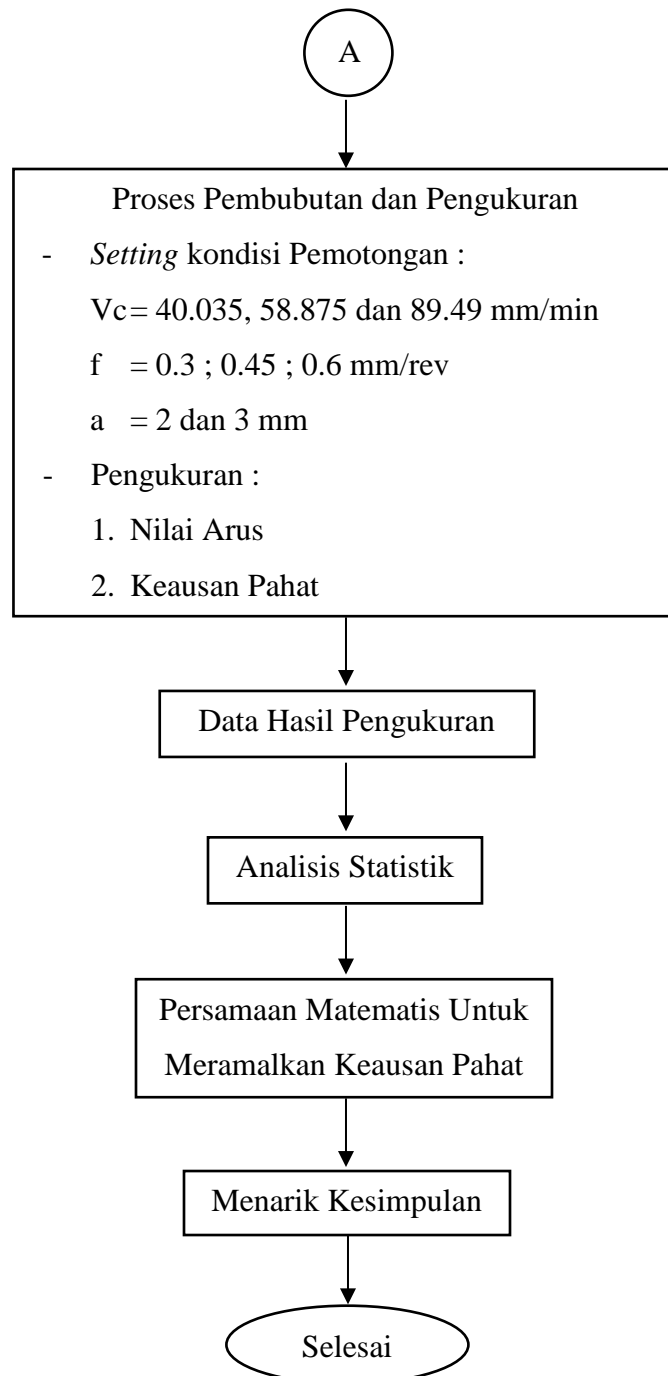


Gambar 14. *Tool Microscope*

C. Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan :





Gambar 15. Diagram Alir Penelitian

D. Prosedur Percobaan

Prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan antara lain sebagai berikut :

1. Penentuan kondisi pemesinan.

Dalam melakukan penelitian ini terlebih dahulu ditentukan kondisi pemesinan yang akan dilakukan. Parameter pemesinan yang akan dijadikan variabel *input* dalam percobaan disesuaikan dengan obyek pemesinan yang dilakukan. Dalam penelitian ini proses pemesinan yang dilakukan adalah proses bubut sehingga variabel pemotongan yang dipilih adalah *speed of cut* (V_c), *feed rate* (f) dan *deep of cut* (a). Adapun variasi *speed of cut* (V_c), *feed rate* (f) dan *deep of cut* (a) yang akan dijadikan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Variasi Parameter Pemesinan

Parameter Pemesinan	Variasi Parameter Pemesinan
<i>Speed of cut</i> (V_c)	40, 59 dan 89 rpm
<i>Feed Rate</i> (f)	0.3, 0.45 dan 0.6 mm/rev
<i>Deep Of Cut</i> (a)	2 dan 3 mm

Penentuan variasi parameter pemesinan tersebut berdasarkan tabel ketentuan proses pemesinan sesuai dengan jenis pahat dan jenis material yang dipakai. Untuk kondisi pemesinan selain parameter pemesinan dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 5. Kondisi Pemesinan

Kondisi Pemesinan	Keterangan
Pahat	HSS <i>Orthogonal</i>
Benda Kerja	<i>Low Carbon Steel (ST-37)</i>
Kondisi	Tanpa Cairan Pendingin

2. Rancangan Percobaan

Pada percobaan ini menggunakan 3 buah faktor yaitu 2 faktor terdiri dari 2 level dan 1 faktor terdiri dari 3 level, sebagaimana terlihat pada tabel 6 dibawah :

Tabel 6. Faktor dan Level Percobaan

Parameter	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
<i>Speed of cut (Vc)</i>	A	40	59	89
<i>Feed Rate (f)</i>	B	0.3	0.45	0.6
<i>Deep Of Cut (a)</i>	C	2	3	-

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode matriks *orthogonal array* untuk menentukan banyaknya kombinasi unit percobaan yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin dari semua faktor yang mempengaruhi respon. Matriks ortogonal yang akan digunakan harus memiliki derajat kebebasan yang sama atau lebih besar dari pada total derajat kebebasan faktor dan level yang telah ditetapkan. Berikut merupakan tabel derajat kebebasan :

Tabel 7. Derajat Kebebasan

Faktor Interaksi	Derajat Kebebasan (df)	Keterangan
Faktor A	3-1	2
Faktor B	3-1	2
Faktor C	2-1	1
Total df		5

Berdasarkan derajat kebebasan diatas, maka matriks *orthogonal array* yang dipilih adalah $L_{18} (2 \times 3^2)$. Rancangan percobaan matriks *orthogonal array* $L_{18} (2 \times 3^2)$ pada penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 8 dibawah :

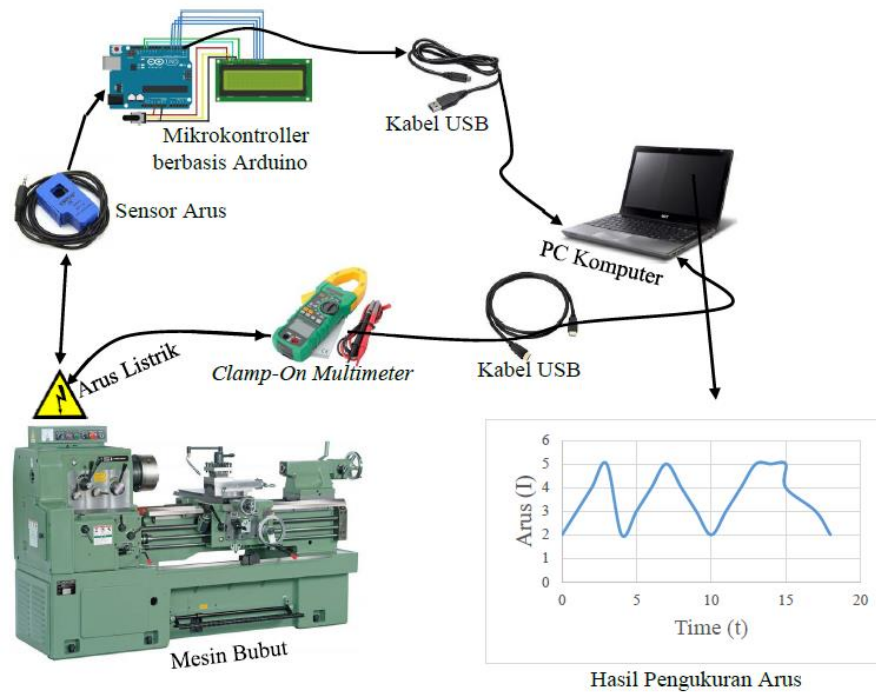
Tabel 8. Rancangan Percobaan Matriks *Orthogonal Array* $L_{18} (2 \times 3^2)$

No. Eksperimen	Parameter Pemesinan		
	<i>Speed of cut</i>	<i>Feed Rate</i>	<i>Deep Of Cut</i>
1	40 (1)	0.3 (1)	2 (1)
2	40 (1)	0.45 (2)	3 (2)
3	40 (1)	0.6 (3)	2 (1)
4	40 (1)	0.3 (1)	3 (2)
5	40 (1)	0.45 (2)	2 (1)
6	40 (1)	0.6 (3)	3 (2)
7	59 (2)	0.3 (1)	2 (1)
8	59 (2)	0.45 (2)	3 (2)
9	59 (2)	0.6 (3)	2 (1)
10	59 (2)	0.3 (1)	3 (2)
11	59 (2)	0.45 (2)	2 (1)
12	59 (2)	0.6 (3)	3 (2)
13	89 (3)	0.3 (1)	2 (1)
14	89 (3)	0.45 (2)	3 (2)
15	89 (3)	0.6 (3)	2 (1)
16	89 (3)	0.3 (1)	3 (2)

17	89 (3)	0.45 (2)	2 (1)
18	89 (3)	0.6 (3)	3 (2)

3. Rancangan *Set-Up* Pengambilan Data

Berikut merupakan gambar skema dari *set-up* pengambilan data :



Gambar 16. Skema *Set-Up* Pengambilan Data

4. Proses Pembubutan

a. Persiapan

Adapun persiapan yang dilakukan sebelum pelaksanaan pembubutan antara lain :

- 1) Persiapan, yaitu menyiapkan mesin bubut, benda kerja, alat pemantau arus listrik, *clamp-on multimeter* dan jangka sorong.
- 2) *Set-Up* pengambilan data seperti pada gambar 16.

- 3) Membuat dimensi benda kerja yang akan diuji dengan dimensi panjang 500 mm dan diameter 30 mm.
- 4) Memberi tanda pada benda kerja untuk setiap jarak pembubutan.

b. Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan proses pembubutan adalah sebagai berikut :

- 1) *Mensetting* mesin bubut sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Misal untuk percobaan 1, mesin bubut *disetting* pada *spindle speed* 40 rpm, *feed rate* 0.3 mm/rev dan *deep of cut* 2 mm serta memasang pahat dan benda kerja yang telah disiapkan.
- 2) Melakukan proses pembubutan untuk percobaan pertama.
- 3) Melakukan langkah 1 dan 2 untuk percobaan seterusnya.
- 4) Saat proses pembubutan dilakukan pengukuran arus listrik.
- 5) Setelah proses pembubutan selesai, hasil bubut dan pahat bubut yang telah digunakan dilakukan pengukuran keausan.
- 6) Pencuplikan data sinyal arus motor dan pengukuran keausan pahat dengan menggunakan *tool microscope* dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 9. Data Nilai Arus dan Keausan Pahat

Percobaan	Vc	f	a	I	Vb
1	40	0.3	2		
2	40	0.45	3		
3	40	0.6	2		
4	40	0.3	3		

5	40	0.45	2		
6	40	0.6	3		
7	59	0.3	2		
8	59	0.45	3		
9	59	0.6	2		
10	59	0.3	3		
11	59	0.45	2		
12	59	0.6	3		
13	89	0.3	2		
14	89	0.45	3		
15	89	0.6	2		
16	89	0.3	3		
17	89	0.45	2		
18	89	0.6	3		

5. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis regresi dan korelasi. Analisis ini dipilih untuk mencari persamaan matematik yang dapat digunakan untuk meramalkan keausan pahat dan memperoleh nilai koefisien korelasi antara nilai arus listrik dengan keausan pahat dan menarik kesimpulan apakah arus listrik dapat dilakukan untuk pemantauan keausan pahat atau tidak.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Model persamaan matematik yang diperoleh:
 - $I = 3.181 + 0.007V_c + 1.161f + 0.436e_1$. Digunakan untuk memprediksi nilai arus listrik terhadap parameter pemesinan.
 - $V_b = -1.042 + 0.333I + 0.466e_2$. Digunakan untuk memediasi persamaan model I terhadap keausan pahat.
2. Persamaan matematik model I yang diperoleh menghasilkan nilai prediksi dengan *error* rata-rata sebesar 1.638% menyimpulkan bahwa persamaan matematik model I yang terbangun cukup baik dalam memprediksi nilai arus listrik.
3. Persamaan matematik model II yang diperoleh menghasilkan nilai prediksi dengan *error* rata-rata sebesar 18.43% menyimpulkan bahwa persamaan matematik model II yang terbangun kurang baik dalam memprediksi nilai keausan pahat.

4. Nilai koefisien korelasi antara arus listrik dengan keausan pahat sebesar 0.722 yang berarti bahwa terjadi hubungan yang kuat antara arus listrik dengan keausan pahat.
5. Arus listrik dapat dilakukan untuk pemantauan keausan pahat. Dibuktikan dengan adanya hubungan yang kuat antara arus listrik dengan keausan pahat.

B. SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Dengan hasil proses statistik ini bisa dikembangkan lagi dengan variabel yang sama tapi dengan metode pengambilan data yang berbeda, agar mendapatkan hasil akurasi yang baik.
2. Menggunakan variabel yang sama dengan metode analisis berbeda untuk memprediksi keausan pahat.
3. Dapat menjadi bahan untuk penulis lain, agar hasil yang didapatkan semakin baik dengan menggunakan variabel lain atau metode lain.
4. Hasil perhitungan yang penulis buat ini dapat menjadi acuan bagi penulis lain agar dapat dikembangkan lagi pada penelitian terkait atau dalam menghadapi masalah lain yang membutuhkan perhitungan estimasi dan prediksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H., Ostwald, dan Begeman. 1985. *Manufacturing Processes*. New York: Seventh edition, John Wiley & Sons.
- ASM International. 1997. *Metals Handbook of Machining*. Material, Ninth Edition.
- Atif Fikri, Ahmad, dkk. 2014. *Online Monitoring Keausan Cutting Tool Menggunakan Audio Signal*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.
- Boothroyd. 1975. *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*. Tokyo: McGraw–Hill.
- Destefani. 2002. *Cutting Tools*. Tokyo: Manufacturing Engineering.
- Ghani, dkk. 2011. *Monitoring online cutting tool wear using low-cost technique and user-friendly GUI*. Bangi: *Mechanical and Material Engineering* Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Hogmark. 2005. *Wear Mechanisms of HSS Cutting Tools*. Sweden: Dalarna University.
- Jari Repo. 2010. *Condition Monitoring of Machine Tools and Machining Processes using Internal Sensor Signals Licentiate thesis. School of Industrial Engineering and Management SE-100 44. Stockholm, Sweden*.

- Kalpakjian, Serope. 1992. *Manufacturing Engineering and Technology 2nd Edition*. Addison Publishing Company Inc. California.
- PA, Viktor, dan J.P. Davim. 2008. *Tools (Geometry and Material) and Tool Wear*. Jurnal Machining Fundamentals and Recent Advance. Aveiro University.
- Pollack, W. 1979. *Manufacturing and Machine Tool Operation*. New Jersey, USA: Printice Hall.
- Rochim, T. 1993. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Jakarta: HEDSP.
- Rusnaldi, dkk. 2011. *Monitoring Kondisi Pahat dengan Sinyal Getaran pada Proses Bubut*. Semarang: Teknik Mesin Universitas Diponegoro
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2008. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Widarto, dkk. 1998. *Teknik Permesinan untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Anonim. SPSS. <http://www.digilib.ub.com> (diakses 05 Maret 2017).
- Anonim. *Proses Bubut*. <http://diobubut.blogspot.co.id> (diakses 01 Maret 2017).
- Anonim. *Clamp On-multimeter*. wikimedia.org (diakses 05 Maret 2017).