



**PENGARUH SUDUT LOKASI KONTAK AWAL DAN  
KECEPATAN PUTAR TERHADAP KERUSAKAN  
PISAU *ENDMILL* PADA PROSES PEMESINAN  
MENGUNAKAN MESIN FRAIS KONVENSIONAL**

**SKRIPSI**

**Skripsi Ini Ditulis Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin S1**

oleh  
**Isa Ismail**  
5201412054

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Pengaruh Sudut Lokasi Kontak Awal dan Kecepatan Putar Terhadap Kerusakan Pisau Endmill Pada Proses Pemesinan Menggunakan Mesin Frais Konvensional”** Telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 23 bulan Maret tahun 2017.

Oleh

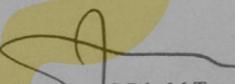
Nama : Isa Ismail  
Nim : 5201412054  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Panitia

Ketua Panitia

Sekretaris

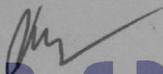
  
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

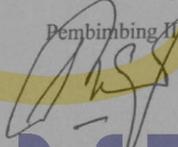
  
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

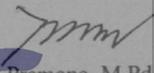
Pembimbing I

Pembimbing II

Penguji

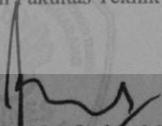
  
Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.  
NIP. 196601051990021002

  
Drs. Masugino, M.Pd.  
NIP. 195207211980121001

  
Drs. Pramono, M.Pd.  
NIP. 195809101985031002

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik UNNES

  
Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Isa Ismail  
NIM : 5201412054  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1  
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**Pengaruh Sudut Lokasi Kontak Awal dan Kecepatan Putar Terhadap Kerusakan Pisau Endmill Pada Proses Pemesinan Menggunakan Mesin Frais Konvensional**" ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 10 Februari 2017  
Yang membuat pernyataan

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Isa Ismail  
NIM. 5201412054

## ABSTRAK

**Ismail, Isa. 2017.** Pengaruh Sudut Lokasi Kontak Awal dan Kecepatan Putar Terhadap Kerusakan Pisau *Endmill* Pada Proses Pemesinan Menggunakan Mesin Frais Konvensional

Proses penyayatan pada benda kerja menggunakan mesin frais terjadi dua siklus, yaitu siklus dimana pisau menyayat benda kerja dan siklus pisau tidak menyayat benda kerja, “terjadinya dua periode tersebut menyebabkan mata potong menerima beban saat masuk sehingga timbul tegangan impact pada lokasi kontak awal antara alat potong dengan benda kerja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari sudut lokasi kontak awal dan kecepatan putar yang sesuai dengan material bahan dari ST40 agar pisau *endmill* dengan diameter 10 mm agar tidak cepat mengalami kerusakan pada saat pengerjaan untuk menjaga kualitas hasil pemotongan.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen untuk mengetahui sebab akibat perlakuan yang diberikan pada spesimen uji yaitu pisau *endmill* berupa variasi kecepatan putar dan sudut lokasi kontak awal, proses pengefraisan yang dilakukan menggunakan mesin frais konvensional dengan pisau *endmill* HSS, dengan benda kerja ST40, variasi kecepatan putar yang digunakan adalah 350 rpm, 550 rpm, dan 930 rpm, sedangkan untuk variasi sudut kontak awal yang digunakan adalah  $25^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$ , kemudian diuji foto makro untuk mengetahui seberapa besar kerusakan yang terjadi, kerusakan yang diamati berupa *flank wear* dan *cutting edge wear*, analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, dimana data yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik kemudian dideskripsikan dan disimpulkan

Hasil penelitian pengujian foto makro menunjukkan kerusakan *flank wear* dan *cutting edge wear*, berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan nilai kerusakan terendah terjadi pada kecepatan putar 350 rpm dengan sudut kontak awal  $25^{\circ}$ , yaitu *flank wear* sebesar 0,74534 mm dan *cutting edge wear* sebesar 0,1494 mm. dapat disimpulkan bahwa semakin rendah putaran, dan semakin landai sudut kontak awal yang digunakan maka semakin kecil beban *impact* yang terjadi ketika mata pisau *endmill* menyayat, yang dapat mengurangi kerusakan awal pada *endmill*

Kata kunci: kontak awal, kecepatan putar, kerusakan, *endmill*, frais

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

1. Keajaiban akan datang pada kita jika berusaha dan bertawakal kepada Allah S.W.T.
2. Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan? (Q.S Ar-Rahman: 13)
3. Lakukan yang terbaik, bersikaplah yang baik maka kau akan menjadi orang yang terbaik.

### PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk:

- Bapak Narso dan Ibu Tasmiati yang selalu memberikan semangat, bimbingan, doa, finansial dan kasih sayang.
- Keluarga dan sahabat – sahabatku yang selalu mengiringi setiap langkahku dengan semangat motivasi.
- Teman – teman Pendidikan Teknik Mesin Angkatan 2012.

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya serta kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGARUH SUDUT LOKASI KONTAK AWAL DAN KECEPATAN PUTAR TERHADAP KERUSAKAN PISAU *ENDMILL* PADA PROSES PEMESINAN MENGGUNAKAN MESIN FRAIS KONVENSIIONAL ”

Proposal skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan studi Strata 1 guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari pihak pembimbing penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik. Hal tersebut yang mendorong penulis dengan ketulusan dan kerendahan hati ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- A. Prof. Dr. Fathur Rokhman M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
- B. Nur Qudus, S.Pd. M.T. Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- C. Rusyanto S.Pd., M.T. Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
- D. Dr. Wirawan Sumbodo M.T. Dosen pembimbing I yang telah memberikan petunjuk, pengarahan, serta bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
- E. Drs. Masugino M.Pd. Dosen Pembimbing II yang telah memberikan petunjuk, pengarahan, serta bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

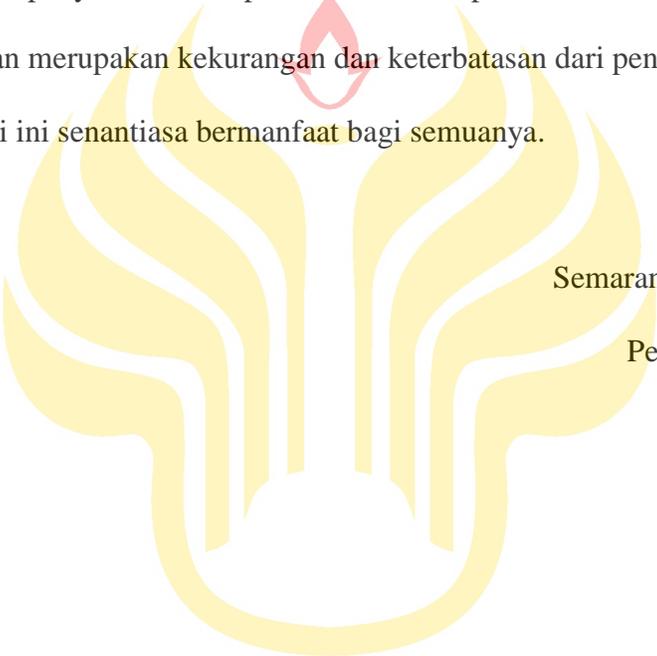
F. Keluarga besar mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin 2012 yang selalu memberikan semangat.

G. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya penyusunan proposal skripsi dari awal hingga akhir.

Dengan segala keterbatasan yang ada, penulis telah berusaha dengan sebaik-baiknya dalam penyusunan skripsi ini, namun apabila masih terdapat kesalahan dan kekurangan merupakan kekurangan dan keterbatasan dari penulis. Akhir kata semoga skripsi ini senantiasa bermanfaat bagi semuanya.

Semarang, 20 Februari 2017

Penulis



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
PRAKATA .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN .....	v
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Pembatasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II. KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
A. Kajian Teori .....	6
B. Kajian Penelitian yang Relevan .....	24
C. Kerangka Pikir Penelitian .....	26
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>28</b>
1. Bahan Penelitian .....	28
2. Alat dan Peralatan Penelitian .....	30
3. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian .....	31
4. Prosedur Penelitian .....	32
<b>BAB VI HASIL PENELITIAN</b>	
1. Hasil Penelitian .....	37
2. Pembahasan .....	64

BAB V PENUTUP

1. Simpulan.....	69
2. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Simbol</b>	<b>Arti</b>
$z$	Jumlah mata potong
$\alpha$	Sudut <i>chamfer</i> pada benda kerja
$\pi$	Perbandingan antara keliling lingkaran dengan diameter lingkaran (3,14)
%	Persen ( $10^{-2}$ )

<b>Singkatan</b>	<b>Arti</b>
C	Celcius
CV	<i>Commanditaire Vennotschap</i>
$cs$	<i>Cutting Speed</i> (Kecepatan Pemakanan)
$d$	Diameter
$f$	Kecepatan pemakanan (mm/menit)
$f$	Gerak makan per gigi (feed/tooth)
HSS	<i>High Speed Steel</i> (Baja Kecepatan Tinggi)
in	Inchi
$n$	Kecepatan putaran spindle mesin frais (rpm)
rpm	<i>Rotation Per Minute</i> (Rotasi Per Menit)
mm	Milimeter ( $10^{-2}$ meter)
$\mu\text{m}$	Mikronmeter ( $10^{-3}$ meter)

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kecepatan Potong Untuk Berbagai Jenis Material.....	7
2.2. Putaran Spindle Pada Mesin Konvensional <i>Krisbow</i> .....	8
2.3. Gerak Makan Per Gigi (f) Per Mata Potong Untuk <i>Cutter</i> HSS .....	10
2.4. Macam-Macam Lokasi Kontak Awal .....	12
2.5. Batas Keausan Tepi yang Diijinkan .....	22
3.1. Data Spesimen Penelitian.....	29
3.2. Pengaturan Parameter Pemesinan dan Sudut Lokasi Kontak Awal ..	34
3.3. Pengukuran Foto Mikro .....	35
4.1. <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $25^{\circ}$ .....	39
4.2. <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $35^{\circ}$ .....	41
4.3. <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $45^{\circ}$ .....	43
4.4. <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 350 rpm .....	46
4.5. <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 550 rpm .....	48
4.6. <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 930 rpm .....	50
4.7. <i>Cutting Edge Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $25^{\circ}$ .....	39
4.8. <i>Cutting Edge Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $35^{\circ}$ .....	41
4.9. <i>Cutting Edge Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $45^{\circ}$ .....	43
4.10. <i>Cutting Edge Wear</i> Pada Kecepatan Putar 350 rpm .....	46
4.11. <i>Cutting Edge Wear</i> Pada Kecepatan Putar 550 rpm .....	48
4.12. <i>Cutting Edge Wear</i> Pada Kecepatan Putar 930 rpm .....	50

5.1	Nilai kerusakan <i>endmill</i> .....	66
5.2	Nilai kerusakan <i>endmill</i> .....	67
5.3	Kelayakan pakai <i>endmill</i> hasil penelitian.....	68



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Tabel Putaran Spindle Pada Mesin Frais Konvensional <i>Krisbow</i> .....	9
2.2. Gerak Makan per Gigi (A), dan Gerak Makan per Putaran (B) .....	9
2.3. Sudut Aksial.....	11
2.4. Sudut Masuk .....	11
2.5. Lokasi Pisau <i>Endmill</i> Dengan Benda Kerja.....	13
2.6. Lokasi kontak awal dengan sudut aksial positif dan sudut masuk negatif.....	13
2.7. Sudut <i>chamfer</i> pada benda kerja .....	14
2.8. Bagian Utama Pisau <i>Endmill</i> .....	15
2.9. Geometri Sisi Potong Pisau <i>Endmill</i> .....	19
2.10. <i>Microscope Meiji Techno</i> .....	20
2.11. Kemungkinan Kerusakan yang Terjadi Pada Alat Potong.....	21
2.12. <i>Flank Wear</i> .....	21
2.13. Proses <i>face milling</i> .....	23
2.14. Kerusakan pada sudut $30^0$ .....	23
2.15. Kerusakan pada sudut $45^0$ .....	24
2.16. Kerusakan pada sudut $60^0$ .....	24
2.17. Kerangka Pikir Penelitian .....	27
3.1. Baja Karbon Rendah .....	28
3.2. Dimensi Ukuran Benda Kerja.....	28

3.3.	Pisau Jari ( <i>Endmill</i> ) 4 <i>flute</i> .....	29
3.4.	Mesin Frais Vertikal Konvensional .....	30
3.5.	Diagram Alir Penelitian .....	32
3.6.	Benda kerja dengan sudut masuk $45^0$ .....	32
3.7.	Benda kerja dengan sudut masuk $35^0$ .....	32
3.8.	Benda kerja dengan sudut masuk $25^0$ .....	32
4.1.	(a) penampang potong dari samping (b) penampang potong dari atas ...	37
4.2.	Spesimen 1 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	38
4.3.	Spesimen 2 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	39
4.4.	Spesimen 3 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	39
4.5.	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $25^0$ .....	40
4.6.	Spesimen 4 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	40
4.7.	Spesimen 5 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	41
4.8.	Spesimen 6 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	41
4.9.	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $35^0$ .....	42
4.10.	Spesimen 7 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	42

4.11	Spesimen 8 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	43
4.12	Spesimen 9 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	43
4.13	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $45^0$ .....	44
4.14	Grafik Pengaruh Variasi Sudut Kontak Awal Dengan Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Seluruh Spesimen <i>Endmill</i> .....	44
4.15	Spesimen 1 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	45
4.16	Spesimen 4 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	45
4.17	Spesimen 7 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	46
4.18	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 350 rpm.....	46
4.19	Spesimen 2 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	47
4.20	Spesimen 5 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	47
4.21	Spesimen 8 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	48
4.22	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 550 rpm.....	48
4.23	Spesimen 3 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	49

4.24	Spesimen 6 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	49
4.25	Spesimen 9 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	50
4.26	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 930 rpm.....	50
4.27	Grafik Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindle Dengan Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Seluruh Spesimen <i>Endmill</i> .....	51
4.28	Spesimen 1 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	51
4.29	Spesimen 2 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	52
4.30	Spesimen 3 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	52
4.31	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $25^0$ .....	53
4.32	Spesimen 4 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	53
4.33	Spesimen 5 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	54
4.34	Spesimen 6 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	54
4.35	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $35^0$ .....	55
4.36	Spesimen 7 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	55

4.37	Spesimen 8 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	56
4.38	Spesimen 9 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	56
4.39	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Sudut Kontak Awal $45^0$ .....	57
4.40	Grafik Pengaruh Variasi Sudut Kontak Awal Dengan Nilai <i>Cutting Edge Wear</i> Pada Seluruh Spesimen <i>Endmill</i> .....	57
4.41	Spesimen 1 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	58
4.42	Spesimen 4 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	58
4.43	Spesimen 7 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 350 rpm .....	59
4.44	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 350 rpm.....	59
4.45	Spesimen 2 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	60
4.46	Spesimen 5 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	60
4.47	Spesimen 8 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 550 rpm .....	61
4.48	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 550 rpm.....	61
4.49	Spesimen 3 Dengan Sudut Kontak Awal $25^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	62

4.50	Spesimen 6 Dengan Sudut Kontak Awal $35^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	62
4.51	Spesimen 9 Dengan Sudut Kontak Awal $45^0$ dan Kecepatan Putar 930 rpm .....	63
4.52	Grafik Nilai <i>Flank Wear</i> Pada Kecepatan Putar 930 rpm.....	63
4.53	Grafik Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindle Dengan Nilai <i>Cutting Edge Wear</i> Pada Seluruh Spesimen <i>Endmill</i> .....	64



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Penelitian.....	72
2. Laporan Uji Komposisi.....	74
3. Surat Keterangan Pengujian.....	75
4. Laporan Hasil Pengujian.....	76
5. Tabel Rekomendasi Kecepatan Pemakanan untuk Mesin Frais ..	77



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Proses pemesinan menggunakan mesin frais merupakan suatu kegiatan yang kompleks, maka untuk menciptakan suatu produk yang memiliki kualitas yang diinginkan maka banyak parameter pemesinan yang harus diperhatikan, seperti kecepatan putar spindel, gerak makan, dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*) (Widarto, 2008:192). Selain itu kualitas dari alat potong juga harus dijaga, kualitas alat potong memegang peranan yang cukup penting dalam menentukan dan menjaga kualitas produk yang dihasilkan, seperti kepresisian/ketelitian dan tingkat kekasaran produk yang diinginkan, selain itu penggunaan alat potong yang tepat dapat mempengaruhi waktu proses pemesinan dan biaya produksi.

Zorev dikutip dari Mawardi (2012 : 1) menyatakan bahwa kerusakan pahat potong dikarenakan beban *impact* dan perubahan temperatur saat pahat potong menyayat benda kerja. Pada proses penyayatan pada benda kerja menggunakan mesin frais terjadi dua siklus, yaitu siklus dimana pisau menyayat benda kerja dan siklus pisau tidak menyayat benda kerja, “terjadinya dua periode tersebut menyebabkan mata potong menerima beban saat masuk sehingga timbul tegangan tekan pada lokasi kontak awal antara alat potong dengan benda kerja”. Dikarenakan alat potong mesin frais berputar maka proses ini terjadi secara berulang - ulang

yang menyebabkan sering terjadi kerusakan mata potong secara tiba-tiba, hal ini juga dapat dipengaruhi oleh kecepatan putar pisau frais, semakin cepat pisau berputar maka beban *impact* ketika mata pisau mulai menyayat benda kerja juga akan semakin besar. Kerusakan mata potong selama proses pemesinan tidak dapat dihindarkan tetapi dapat diminimalisir. *Thomas childs et al.*, (2000:121) menyatakan penyebab kerusakan secara kualitatif adalah *adhesion*, *thermal damage* dan *mechanical damage*. Kerusakan mekanis, yang meliputi *chipping*, *early fracture* dan *fracture* pada dasarnya tidak bergantung pada suhu, sedangkan kerusakan termal, deformasi plastik, difusi termal dan reaksi kimia sebagai bentuk khas, meningkat secara drastis dengan meningkatnya suhu.

Berdasarkan penjelasan diatas dapat diketahui faktor utama penyebab dari kerusakan pisau mesin frais ada dua yaitu beban *impact* dan perubahan temperatur yang terjadi ketika pisau frais menyayat, besarnya beban *impact* yang terjadi ketika proses pemakanan dipengaruhi oleh kecepatan putar dari pisau frais dan luas bidang kontak awal penampang yang disayat, untuk mengurangi beban *impact* pada saat kontak awal dapat dilakukan dengan memperkecil luas bidang kontak dan mengurangi kecepatan pada saat penyayatan, salah satu cara untuk memperkecil luas bidang kontak awal dapat dilakukan dengan memberikan sudut *chamfer* dibagian sisi kontak awal, dan untuk mengurangi kecepatan penyayatan dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan putar pada mesin, pada mesin frais konvensional pilihan untuk mengoptimalkan parameter pemesinan seperti pilihan kecepatan putaran, kecepatan

pemakanan, yang tersedia terbatas bergantung dari tipe dan merek mesin, karena tiap-tipe dan merek mesin berbeda-beda dalam memberikan pilihan parameter pemesinan, sehingga pada proses pengerjaan benda kerja dengan bahan baja karbon rendah menggunakan mesin frais konvensional kecenderungan pisau frais semakin cepat rusak akan meningkat dikarenakan hal tersebut diatas, operator mesin akan kesulitan untuk mendapatkan parameter yang tepat karena ketidaksesuaian parameter pemesinan yang sudah diperhitungkan dengan yang tersedia pada mesin.

Maka dari hal tersebut diperlukan solusi yang tidak hanya menitik beratkan pada faktor parameter pemesinan, namun juga pada faktor lain salah satunya adalah pada variasi sudut lokasi kontak awal. Dari latar belakang tersebut maka penelitian ini lebih memfokuskan parameter pemesinan pada variasi sudut lokasi kontak awal dan variasi kecepatan putar terhadap tingkat kerusakan alat potong pada mesin frais.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, maka beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi mengenai hal-hal yang dapat mempengaruhi kerusakan alat potong mesin frais, yaitu :

1. Parameter pemesinan seperti, kecepatan pemakanan, kecepatan putar dan kedalaman pemotongan dapat berpengaruh terhadap kualitas hasil benda kerja yang dihasilkan dan umur dari alat potong.

2. Siklus penyayatan dan kecepatan putar spindle yang terjadi ketika proses pemakanan menggunakan alat potong pada mesin frais menyebabkan timbulnya beban *impact* yang dapat mempengaruhi umur dari alat potong.
3. Semakin besar luas penampang pada saat kontak awal antara pisau frais dan benda kerja ketika penyayatan maka akan menyebabkan semakin besar beban *impact* yang terjadi.
4. Pemilihan material pisau frais yang sesuai dengan material benda kerja yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi tingkat kelajuan kerusakan pada pisau frais.

### C. Pembatasan Masalah

Agar penelitian terfokus dan tidak meluas maka perlu dilakukan batasan-batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Variabel bebas yang digunakan ada dua yang pertama yaitu kecepatan putar yang divariasikan menjadi tiga yaitu 350 rpm, 550 rpm, 930 rpm, variabel bebas yang kedua adalah sudut lokasi kontak awal yang divariasikan menjadi tiga yaitu  $25^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$
2. Variabel kontrol yang digunakan yaitu:
  - a. Alat potong yang digunakan adalah pisau jari (*endmill*) HSS dengan ukuran diameter 10 mm
  - b. Material benda kerja yang digunakan adalah baja ST40

- c. Proses pemesinan yang dilakukan menggunakan mesin frais vertikal konvensional
  - d. Penyayatan dilakukan sebanyak dua kali sepanjang 60 mm dengan kedalaman penyayatan 0,5 mm tiap pemakanan.
  - e. Kecepatan Pemakanan yang digunakan 70 mm/menit
  - f. Proses pemesinan dilakukan tanpa menggunakan cairan pendingin
3. Variabel terikat dalam penelitian kali ini adalah kerusakan pada pisau *endmill*.

#### **D. Rumusan Masalah**

Dari identifikasi masalah tersebut maka dapat ditarik permasalahan yaitu bagaimana pengaruh sudut lokasi kontak awal dan kecepatan putar terhadap kerusakan pisau *endmill* pada proses pemesinan menggunakan mesin frais konvensional

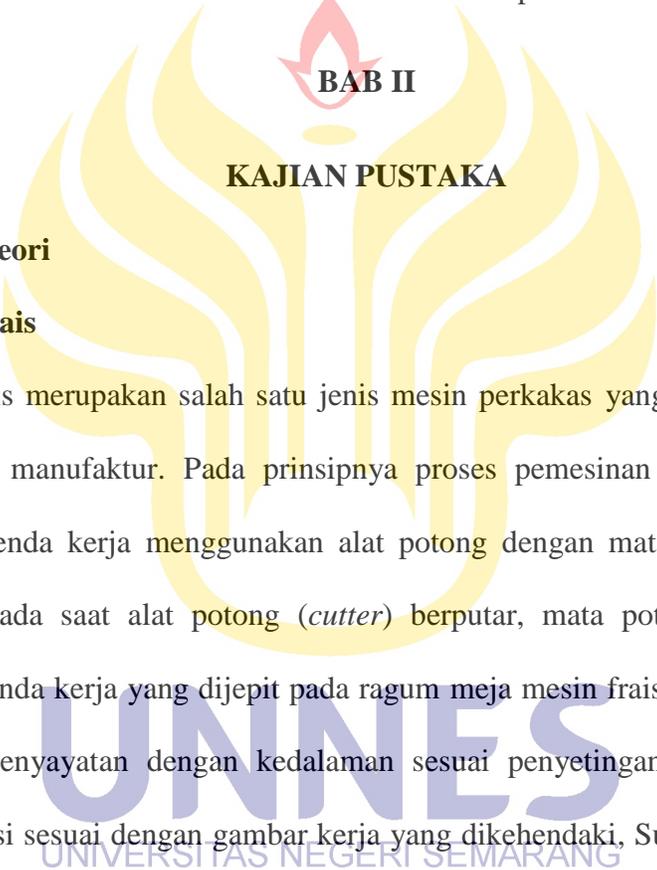
#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari sudut lokasi kontak awal dan kecepatan putar yang sesuai dengan material bahan dari ST40 agar pisau *endmill* HSS dengan diameter 10 mm agar tidak cepat mengalami kerusakan pada saat pengerjaan untuk menjaga kualitas hasil pemotongan.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan ilmu pengetahuan khususnya di bidang penggunaan parameter pemesinan dan pengaruhnya terhadap kerusakan alat potong pada mesin frais
2. Memberi masukan dibidang industri manufaktur
3. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Kajian Teori

##### 1. Mesin Frais

Mesin frais merupakan salah satu jenis mesin perkakas yang banyak digunakan pada industri manufaktur. Pada prinsipnya proses pemesinan frais adalah poses panyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong lebih dari satu/jamak. Pada saat alat potong (*cutter*) berputar, mata potongnya menyentuh permukaan benda kerja yang dijepit pada ragum meja mesin frais sehingga terjadilah pemotongan/penyayatan dengan kedalaman sesuai penyetingan sehingga menjadi benda produksi sesuai dengan gambar kerja yang dikehendaki, Sumbodo (2008:324). Proses penyayatan pada pemesinan frais dengan menggunakan mata potong yang lebih banyak dapat menghasilkan proses pemesinan yang lebih cepat. Hasil dari penyayatan dapat berupa permukaan mendatar, menyudut ataupun melengkung.

##### 2. Parameter Pemesinan Frais

Parameter pemesinan frais adalah parameter yang dapat langsung diatur oleh operator mesin ketika sedang mengoperasikan mesin frais. Menurut Widarto (2008:192) maka parameter yang dimaksud adalah kecepatan putaran spindle ( $n$ ), gerak makan ( $f$ ), dan kedalaman potong ( $a$ ).

a. Kecepatan Putaran

Kecepatan putaran yang dimaksud dalam penelitian ini adalah putaran spindle, pada mesin konvensional dapat diatur dengan cara mengubah posisi *handle* pengatur putaran mesin, putaran spindle ditentukan berdasarkan kecepatan potong, kecepatan potong ditentukan oleh kombinasi dari material pisau dan material benda kerja.

Tabel 2.1. Kecepatan Potong Untuk Berbagai Jenis Material

Bahan	Kecepatan Potong Pisau HSS (m/menit)		Kecepatan Potong Pisau Karbida (m/menit)	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Besi perkakas	75-100	25-45	185-230	110-140
Baja karbon rendah	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja karbon menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
Besi cor kelabu	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-100	45-70	185-215	120-150
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90

(Sumber : Sumbodo, 2008:340)

Karena kecepatan potong sudah ditetapkan secara baku maka kecepatan putaran spindle dapat dihitung menggunakan rumus kecepatan putar,

$$n = \frac{cs \cdot 1000}{\pi \cdot d} \dots \dots \dots 2.1$$

$n$  = Kecepatan putaran spindle (rpm)

$cs$  = *Cutting Speed* (m/menit)

$d$  = Diameter pisau frais (mm)

Melalui rumus 2.1. diatas maka dapat ditentukan kecepatan putaran spindle yang akan digunakan, dengan mengacu pada Tabel 2.1 *cutting speed* yang digunakan untuk baja karbon rendah yang digunakan adalah 25 m/menit dan dimater pisau frais yang digunakan adalah 10 mm maka:

$$n = \frac{25 \cdot 1000}{\pi \cdot 10}$$

$$n = 796 \text{ rpm}$$

Penelitian kali ini, salah satu variasi yang digunakan adalah putaran spindle. Putaran spindle yang tersedia pada mesin frais konvensional Krisbow yang ada di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang terlihat pada Tabel 2.2

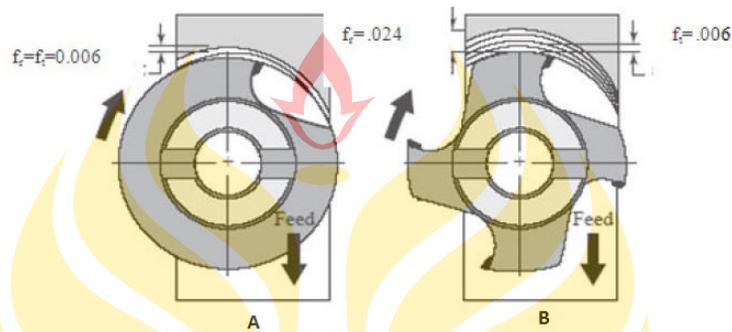
Tabel 2.2 Putaran Spindle Pada Mesin Frais Konvensional *Krisbow*

No Pulley		<i>High Speed</i>		<i>Low Speed</i>	
		1	2	1	2
1	4	540 rpm	4540 rpm	270 rpm	2270 rpm
2	3	350 rpm	2920 rpm	175 rpm	1460 rpm
3	2	220 rpm	1860 rpm	110 rpm	930 rpm
4	1	132 rpm	1100 rpm	66 rpm	550 rpm

Kecepatan putar yang digunakan adalah yang mendekati dengan hasil perhitungan yang sudah dilakukan yaitu 350 rpm, 550 rpm dan 930 rpm.

b. Gerak makan (f)

Maksud dari gerak makan atau kecepatan pemakanan adalah jarak lurus yang ditempuh pisau dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan waktu, biasanya satuan yang digunakan adalah milimeter per menit. Menurut Widarto (2008 : 192) gerak makan pada proses frais ada dua macam yaitu gerak makan per gigi (mm/gigi), dan gerak makan per putaran (mm/putaran) .



Gambar 2.1 Gerak makan per gigi (A), dan gerak makan per putaran (B)

Pada mesin frais, kecepatan pemakanan dinyatakan dalam satuan milimeter per menit yang pada pemakaiannya perlu disesuaikan dengan jumlah mata potong pisau yang digunakan, Sumbodo (2008:350). kecepatan pemakanan tiap mata potong pisau frais untuk setiap jenis pisau dan untuk tiap jenis bahan sudah dibukukan dengan demikian kecepatan pemakanan dapat dihitung menggunakan rumus

$$f = f_t \cdot z \cdot n \dots\dots\dots 2.2.$$

$f$  = kecepatan pemakanan (mm/menit)

$f_t$  = gerak makan per gigi (*feed/tooth*)

$z$  = jumlah mata potong

$n$  = kecepatan putaran (rpm)

Tabel 2.3 Gerak Makan Per Gigi ( $f$ ) Per Mata Potong Untuk *Cutter* HSS

No	<i>Cutter</i>	<i>Feed</i> (mm) / <i>tooth</i>
----	---------------	---------------------------------

1	<i>Spiral (slab) milling (up to 30° helix angle of tooth)</i>	0,1 s/d 0,25
2	<i>Spiral milling(30+90° helix angle)</i>	0,05 s/d 0,2
3	<i>Face milling and shellend milling</i>	0,1 s/d 0,5
4	<i>End milling</i>	0,1 s/d 0,25
5	<i>Saw</i>	0,05 s/d 0,1
6	<i>Slotting cutter</i>	0,05 s/d 0,15
7	<i>Form cutter</i>	0,05 s/d 0,2

( Sumber : Sumbodo, 2008:448)

Dari rumus 2.2. kecepatan pemakanan yang telah dijelaskan diatas dan proses pemesinan frais yang dilakukan adalah *face milling* maka sesuai dengan Tabel 2.2 gerak makan per gigi yang dignakan adalah 0,1 mm / gigi dan kecepatan putar yang digunakan adalah kecepatan putar terendah yaitu 350 rpm sehingga dapat dihitung kecepatan pemakanannya sebagai berikut :

$$f = f \cdot z \cdot n$$

$$f = 0,1 \cdot 4 \cdot 350$$

$$f = 70 \text{ mm/menit}$$

#### c. Kedalaman Potong

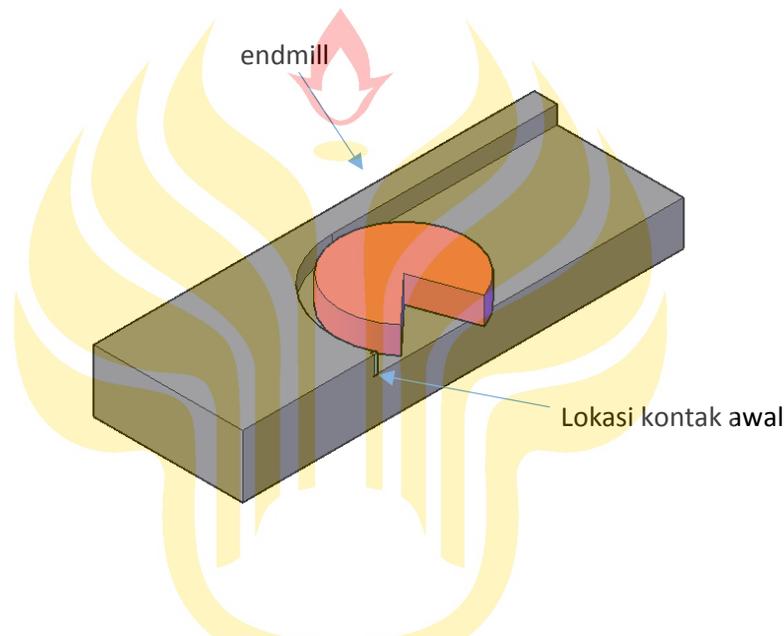
Kedalaman potong diatur dengan cara menaikkan benda kerja, atau dengan cara menurunkan pisau, dalam menentukan kedalaman potong dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti material pisau, desain pisau, material benda kerja, kecepatan potong, kecepatan putar, jenis cairan pendingin, dan jenis pengerjaan yang dilakukan apakah untuk pengasaran atau untuk *finishing*.

Berdasarkan tabel (terlampir) yang diperoleh dari *ASM Metal Handbook Vol 16*, sesuai dengan material *endmill* yang digunakan yaitu HSS, kemudian material bahan

benda kerja yang digunakan yaitu baja karbon rendah dan *cutting speed* yang digunakan yaitu 25 m/min maka didapatkan kedalaman potong yaitu 0,5 mm.

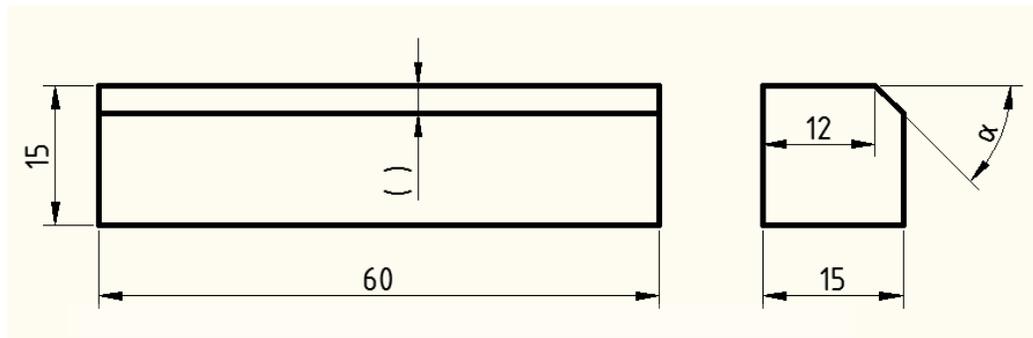
### 3. Sudut Lokasi Kontak Awal

Lokasi kontak awal yang dimaksud dalam penelitian kali ini adalah lokasi dimana mata potong dari *endmill* menyetuh benda kerja ketika proses penyayatan berlangsung

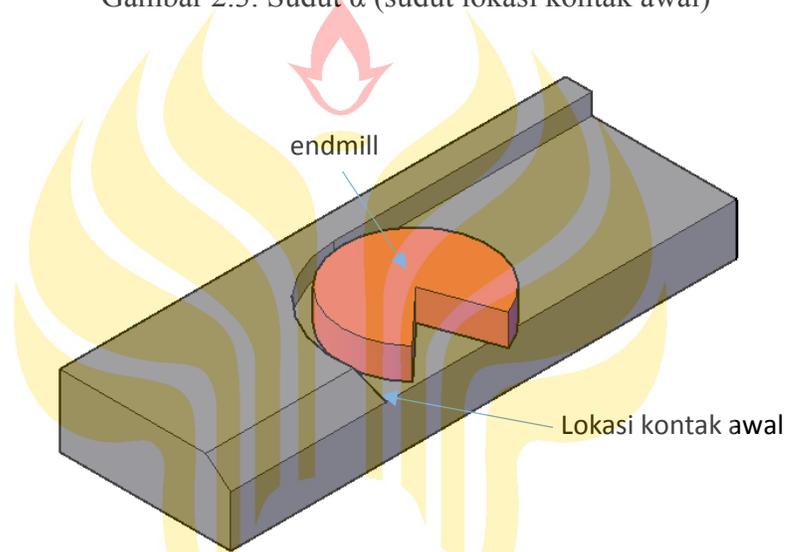


Gambar 2.2. Lokasi kontak awal

Kemudian untuk mengurangi beban *Impact* ketika mata potong *Endmill* mulai menyayat benda kerja maka peneliti memodifikasi lokasi kontak awal dengan membuat *Chamfer* pada benda kerja dengan sudut yang sudah ditentukan, nilai sudut *chamfer* dihitung dari sisi atas dari benda kerja yang menjadi lokasi kontak awal penyayatan, dijelaskan pada gambar 2.3 yang berupa gambar kerja yang nantinya akan digunakan pada benda kerja akan diberikan *chamfer* yang disimbolkan dengan sudut  $\alpha$ . penambahan sudut *Chamfer* inilah yang dimaksud dengan sudut lokasi kontak awal.

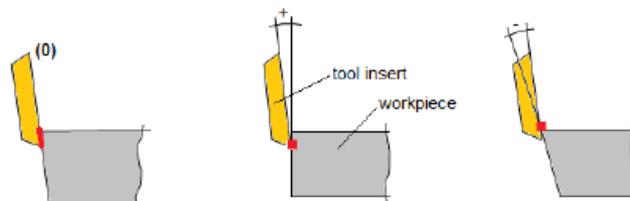


Gambar 2.3. Sudut  $\alpha$  (sudut lokasi kontak awal)



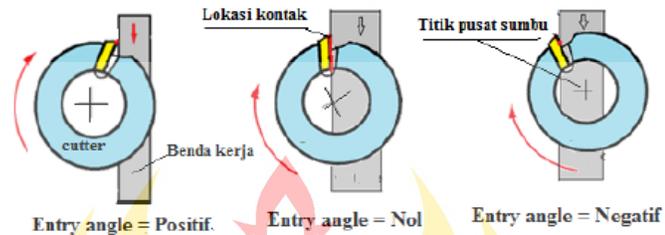
Gambar 2.3. Sudut lokasi kontak awal

Lokasi kontak awal ketika pisau frais menyayat menurut Grahmani dikutip dalam Mawardi (2012 : 4) menyatakan ada sembilan tipe lokasi kontak awal yang berupa titik, garis dan bidang (S, T, U, V, STUV, ST, TU, UV dan SV), untuk dapat mengidentifikasi sudut lokasi kontak awal perlu dilakukan pengaturan terhadap sisi benda kerja untuk mengatur sudut masuk dan sudut aksial pahat dalam hal ini sudut aksial yang digunakan adalah sudut heliks karena pisau yang digunakan adalah pisau



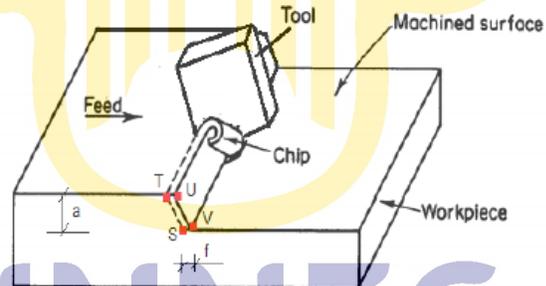
jari (*endmill*)

Gambar 2.4 Sudut Aksial



Gambar 2.5 Sudut Masuk.

Dari variasi sudut aksial dan sudut masuk maka dapat diidentifikasi beberapa lokasi kontak awal yang mungkin akan terjadi seperti yang sudah dijelaskan diatas, lokasi kontak awal disimbolkan dengan S, T, U dan V.



Gambar 2.4 Tipe Lokasi Kontak Awal

Tabel 2.4. Macam-Macam Lokasi Kontak Awal

Sudut Aksial / Sudut masuk			
	S	ST	T
	SV	STUV	TU
	V	UV	U

Peneleitian kali ini lokasi kontak awal yang digunakan adalah titik S, dimana titik ini terjadi pada sudut masuk positif dan sudut aksial positif seperti dijelaskan pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 berikut



Gambar 2.6. Lokasi kontak awal sudut aksial positif dan sudut masuk positif

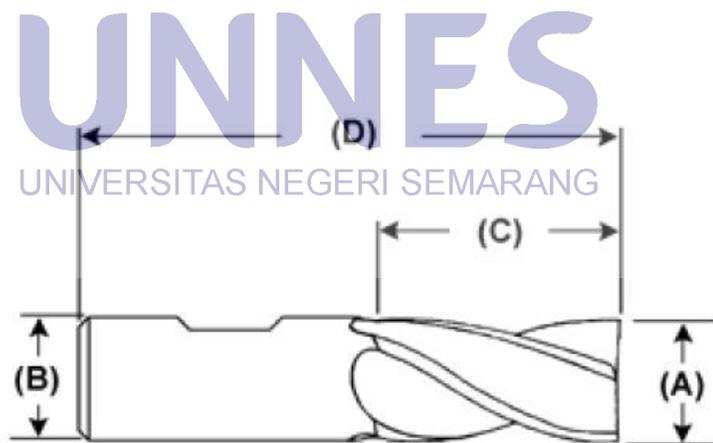
Karena sudut aksial positif dan sudut masuk positif ( $\alpha$ ) seperti yang telah dijelaskan diatas yaitu kontak awal antara benda kerja dengan pisau berupa titik,

maka bagian pisau *Endmill* yang pertamakali menyentuh benda kerja ketika proses penyayatan adalah bagian dalam.

#### 4. Pisau Jari (*Endmill cutter*)

Pisau jari (*endmill*) merupakan salah satu jenis alat potong mesin frais yang banyak digunakan, ukuran alat potong jenis ini sangat bervariasi, mulai ukiran kecil sampai ukuran besar. Biasanya alat potong ini terbuat dari baja kecepatan tinggi (HSS) atau karbida, dan memiliki satu atau lebih alur (*flute*). Alat potong ini dipakai untuk membuat alur pada bidang datar ataupun untuk proses *face milling* dengan bidang yang dikerjakan tidak terlalu lebar, *endmill* dipasang pada posisi tegak (vertikal), namun pada kondisi tertentu dapat dipasang secara horizontal.

Pada umumnya *endmill* mempunyai ukuran diameter antara 1,6 sampai 102 mm, untuk *endmill* dengan ukuran diameter kurang dari 51 mm biasanya keseluruhannya terbuat dari material pisau, sedangkan untuk ukuran lebih dari 51 mm dibuat dalam bentuk *insert*. Gambar 2.8 berikut ini menunjukkan bagian-bagian utama dari pisau *endmill*.



Gambar 2.8 Bagian Utama Pisau *Endmill*

Keterangan

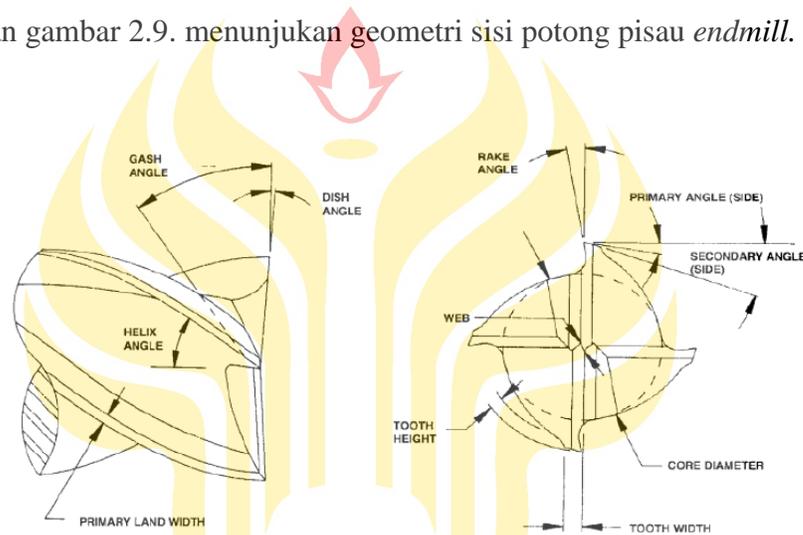
A : Ukuran diameter pemotongan

B : Diameter batang cutter

C : Panjang sisi potong

D : Panjang keseluruhan

Sedangkan gambar 2.9. menunjukkan geometri sisi potong pisau *endmill*.



Gambar 2.9. Geometri Sisi Potong Pisau *Endmill*

Keterangan :

1. *Primary Angle*, ( $5^{\circ}$  sampai  $9^{\circ}$ ) sudut pada gigi/ujung potong
2. *Secondary Angle*, ( $14^{\circ}$  sampai  $17^{\circ}$ ) sudut dekat dengan gigi/ujung potong
3. *Dish Angle*, sudut yang dibentuk oleh tepi pemotong dan tegak lurus dengan sumbu potong, *Dish Angle* digunakan untuk menghasilkan permukaan datar.
4. *Gash Angle*, sudut yang digunakan untuk mengilangkan fitur bekas sayatan pada benda kerja.

5. *Helix Angle*, sudut yang dibentuk oleh garis singgung *helix* dari sisi potong *primarys Angle*.
6. *Rake Angle*, sudut pemotong antara muka gigi atau bersinggungan dengan muka gigi dengan satu titik referensi
7. *Core Diameter*, diameter inti dari pisau *Endmill*.
8. *Tooth Width*, lebar gigi/ujung potong pisau *Endmill*.
9. *Totoh Height*, tinggi gigi/ujung potong pisau *Endmill*.

a. Jenis-jenis bahan pisau mesin frais

1) *Unalloyed tool steel*

Baja perkakas bukan paduan dengan kadar karbon 0,5-1,5% kekerasannya akan hilang jika suhu kerja mencapai  $250^{\circ}\text{C}$ , oleh karena itu material ini tidak cocok untuk kecepatan potong tinggi.

2) Alloy tool steel

Baja perkakas paduan yang mengandung karbon *chromium*, *vanadium* dan *molybdenum*. Baja ini terdiri dari baja paduan tinggi dan paduan rendah. HSS (*High Speed Steel*) adalah salah satu dari baja paduan tinggi.

3) Cemented carbide

Susunan bahan ini terdiri dari *tungsten* atau *molybdenum*, *cobalt*, serta *carbon*. *Cemented carbide* biasanya dibuat dalam bentuk tip yang pemasangannya dibaut pada *holder* (pemegang *cutter*). Pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  bahan ini masih mampu memotong dengan baik, pisau dengan material ini cocok untuk

pengefraisian dengan kecepatan tinggi. Dengan demikian waktu pemotongan dapat lebih cepat. Sumbodo (2008:340)

### 5. *High Speed Steel (HSS)*

*High Speed Steel (HSS)* merupakan material yang banyak digunakan sebagai alat potong dalam, HSS merupakan baja paduan dengan campuran dari unsur *Carbon*, *Chromium*, *Vanadium*, *Molybdenum*, atau *Wolfram*. HSS memiliki memiliki *hot hardness* dan *recovery hardness* yang cukup tinggi berkat adanya unsur paduan tersebut. *High Speed Steel* dibentuk melalui penuangan unsur-unsur paduan diatas kemudian diikuti dengan pengerolan ataupun penempaan, setelah itu dilakukan proses perlakuan panas, proses ini ditujukan untuk meningkatkan sifat-sifat kekerasan dan keuletan dari *High Speed Steel*. (Taufiq, 1993 : 142). Kekerasan dan keuletan yang cukup tinggi ini dapat dicapai dengan adanya unsur paduan seperti yang telah disebutkan diatas, pengaruh unsur-unsur tersebut pada unsur dasar besi dan karbon adalah sebagai berikut.

#### a. *Chromium*

*Chromium* meningkatkan *hardenability* dan *hot hardness*. *Chromium* merupakan unsur pembentuk karbida, akan tetapi *Chromium* menaikkan sensitivitas terhadap *overheating*. UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

#### b. *Vanadium*

*Vanadium* akan menurunkan sensitivitas terhadap *overheating*, *Vanadium* juga merupakan elemen pembentuk karbida.

#### c. *Wolfram*

*Wolfram* dapat membentuk karbida yaitu paduan yang sangat keras yang menyebabkan kenaikan temperatur untuk proses *hardning* dan *tempering*. Dengan demikian *hot hardness* dipertinggi.

d. *Molybdenum*

Mempunyai efek yang sama seperti *Wolfram* akan tetapi lebih terasa dengan menambah 0,4 – 0,9 % *Molybdenum* dalam HSS dengan paduan utama *Wolfram* (W-HSS) dapat dihasilkan HSS yang mampu dikeraskan di udara. Selain itu, Mo-HSS lebih kuat sehingga mampu menahan beban-beban kejut. Kekurangannya adalah lebih sensitif terhadap *overheating* (hangusnya ujung-ujung yang runcing) sewaktu dilakukan proses *heat treatment*.

## 6. Baja Karbon Rendah

Besi atau baja yang dihasilkan dari dapur-dapur baja disebut besi atau baja karbon, Baja karbon adalah paduan besi dengan zat arang (karbon), sedangkan unsur lainnya seperti fosfor, belerang dan sebagainya juga ada didalamnya namun dalam persentase yang kecil sekali sehingga dianggap tidak mempengaruhinya. Subagyo (1999 : 55).

Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon maksimum 1,7% berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon dalam baja, digolongkan menjadi tiga tingkatan.

a. Baja karbon rendah

Yaitu baja yang mengandung karbon antara 0,10-0,30%. Baja karbon rendah yang dalam perdagangan dibuat dalam bentuk plat, profil, batangan untuk keperluan tempa dan pekerjaan mesin.

b. Baja karbon sedang

Baja ini mengandung karbon antara 0.30-0,60%. Didalam perdagangan biasanya digunakan sebagai alat-alat perkakas, baut poros engkol roda gigi, ragum dan pegas

c. Baja karbon tinggi

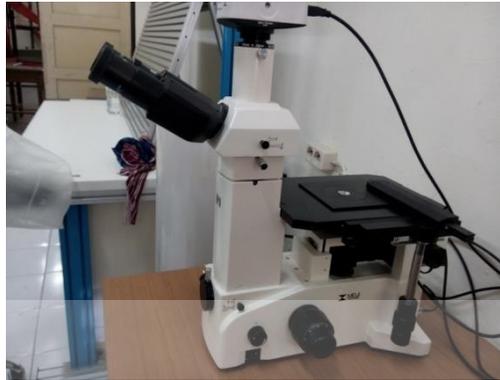
Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung karbon antara 0,70-1,5% baja karbon ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau dalam pengerjaannya akan menerima dan mengalami panas misalnya landasan, palu, gergaji, pahat, kikir, bor dan bantaan peluru.

Pada penelitian kali ini bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah dikarenakan bahan tersebut banyak digunakan dalam industri manufaktur ataupun ketika proses pemesinan.

## 7. Foto Makro

Foto makro dilakukan untuk mendapatkan data berupa foto mata potong pisau *endmill* dan untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi yang nantinya juga digunakan untuk mengukur seberapa besar kerusakan bidang mata pisau *endmill*.

Alat yang digunakan untuk mengukur keausan tepi dan keausan kawah pisau frais adalah *Microscope Meiji Techo*. Pengukuran keausan dilakukan dengan meletakan mata pisau pada meja ukur, besarnya keausan dapat diketahui dengan mengukur jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama.



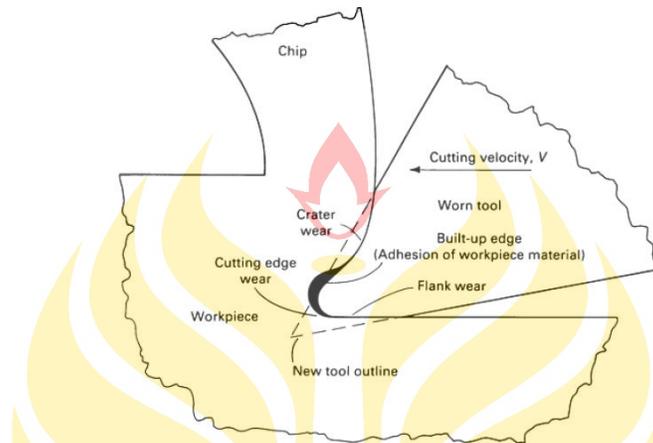
Gambar 2.10. *Microscope Meiji Techno*

Kerusakan pada *endmill* dalam hal ini adalah keausan alat potong didefinisikan oleh ASTM sebagai kerusakan benda yang seara umum berhubungan dengan peningkatan hilangnya material yang disebabkan oleh pergerakan relatif benda dan sebuah substansi kontak. (Belau, 1997:1). Menurut Abidin (2010:9) pada pengertian yang lebih luas, keausan adalah kerusakan permukaan atau kontak material dari satu atau dua permukaan seara *rolling*, *relative silding* atau gerakan yang mengentak (*impact motion*).

Proses penyayatan menimbulkan gesekan antara benda kerja dengan alat potong, gesekan ini menimbulkan peningkatan suhu dari alat potong, selain itu kontak antar kedua benda tersebut menimbulkan beban *impact* ketika proses penyayatan (Mawardi 2012:1). Panas yang berlebih ketika terjadinya penyayatan pada daerah gesekan dapat merubah karakteristik dari material alat potong ataupun benda yang dikerjakan, oleh karena itu menurut Dolinšek dan Kopač (2006 : 3) kerusakan alat potong umumnya merupakan hasil dari aktivitas mekanik (kerusakan *thremo-dynamic*, dan abrasi) dan

kimia (kerusakan *thermo-chemical* dan difusi) yang disebabkan interaksi antara alat potong dengan benda kerja.

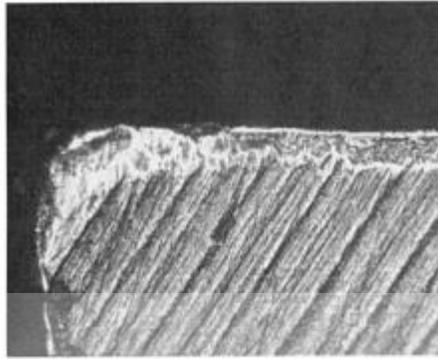
Kerusakan alat potong terjadi disepanjang tepi pemotongan dan permukaan yang



berdekatan,

Gambar 2.11. Kemungkinan Kerusakan yang Terjadi Pada Alat Potong

Gambar 2.11 menunjukkan kemungkinan terjadinya kerusakan pada alat potong ketika proses penyayatan. Pada permukaan sudut bebas tatal gerakan tatal dan tegangan normal yang tinggi akan mengakibatkan keausan kawah (*carter wear*), di daerah sudut bebas tepi (*clearance surface*) arah gerak alat potong akan meningkatkan tegangan di daerah kontak antara alat potong dengan benda kerja ini akan menyebabkan keausan tepi (*flank wear*), dan pada sisi lancip pada ujung mata potong akan mengalami keausan.



Gambar 2.12 *Flank wear* pada *endmill*

Penelitian kali ini kerusakan yang diamati dibatasi hanya pada keausan (*wear*) yaitu keausan tepi dan keausan ujung mata potong

Tabel 2.5 Batas Keausan Tepi yang Diijinkan

<i>Operation and Material</i>	<i>Flank Wear Land</i>			
	<i>Average Wear</i>		<i>Maximum Local Wear</i>	
	<i>mm</i>	<i>In.</i>	<i>mm</i>	<i>In.</i>
<b>Turning</b>				
HSS	1,5	0,060	1,5	0,060
Carbide	0,45	0,015	0,9	0,030
<b>Face Milling</b>				
HSS	1,5	0,060	1,5	0,060
Carbide	0,45	0,015	0,9	0,030
<b>End Milling-Slotting</b>				
HSS	0,30	0,012	0,50	0,020
Carbide	0,30	0,012	0,50	0,020
<b>End Milling-Peripheral</b>				
HSS	0,30	0,012	0,50	0,020
Carbide	0,30	0,012	0,50	0,020
<b>Drilling</b>				
HSS	0,45	0,015	0,45	0,015
Carbide	0,45	0,015	0,45	0,015
<b>Reaming</b>				
HSS	0,15	0,006	0,15	0,006
Carbide	0,15	0,006	0,15	0,006
<b>Tapping</b>				
HSS	<i>Go-No Go gage</i>		<i>Tap Fracture</i>	

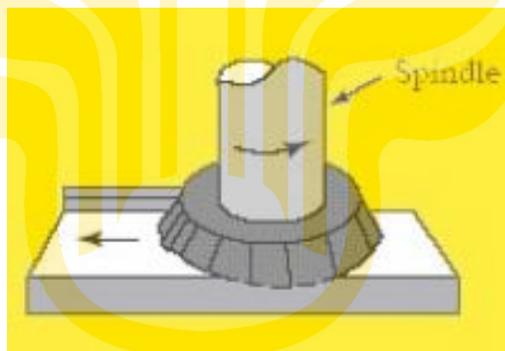
Sumber : ASM Metal Handbook Vol 162. (1989:97)

## 8. Proses Frais (*milling*)

Dikenal dua cara dalam proses pemesinan menggunakan mesin frais yaitu mengefrais datar (*slab milling*) dengan sumbu putaran pahat frais selubung sejajar dengan permukaan benda kerja, dan mengefrais tegak (*face milling*) dengan sumbu putaran pahat frais tegak lurus terhadap permukaan benda kerja (Rochim 1993:19).

Ada dua jenis tipe pemesinan mengefrais tegak (*face milling*) yaitu:

- a. Frais muka konvensional (*conventional face milling*), lebar pemotong lebih lebar dari benda kerja, sehingga melewati kedua sisi benda kerja.
- b. Frais muka parsial, memotong benda kerja hanya pada satu sisi.

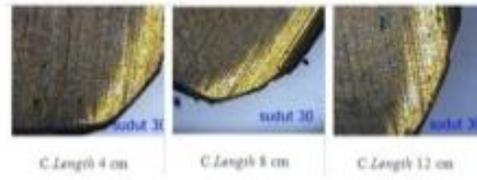


Gambar 2.13. Proses *face milling*

### B. Kajian Penelitian yang Relevan

Mawardi (2008) dengan judul *Pengaruh Lokasi Kontak Awal Terhadap Kerusakan Pahat Potong Pada Proses Face Milling* menyatakan kerusakan pahat potong akibat beban *impact* pada saat mata potong pertama kali menyayat benda kerja dapat dicegah dengan menggunakan metode membuat bentuk tirus (*chamfer*) pada sudut benda kerja pada lokasi kontak awal. Penelitian ini menggunakan variasi

*chamfer* pada sudut  $30^{\circ}$   $45^{\circ}$  dan  $60^{\circ}$ . Pada sudut  $30^{\circ}$  ( $V_c = 200\text{m/min}$ , feed  $0,16\text{ mm/min}$ ) kerusakan yang terlihat adalah sebagai berikut



Gambar 2.14 Kerusakan pada sudut  $30^{\circ}$

Pada sudut  $45^{\circ}$  ( $V_c = 200\text{m/min}$ , feed  $0,16\text{ mm/min}$ ) kerusakan yang terlihat adalah sebagai berikut



Gambar 2.15 Kerusakan pada sudut  $45^{\circ}$

Pada sudut  $60^{\circ}$  ( $V_c = 200\text{m/min}$ , feed  $0,16\text{ mm/min}$ ) kerusakan yang terlihat adalah sebagai berikut



Gambar 2.16 Kerusakan pada sudut  $60^{\circ}$

Kekurangan dari penelitian ini adalah kurangnya variasi variabel parameter pemesinan yang digunakan, karena banyak parameter pemesinan yang dapat mempengaruhi kerusakan alat potong. Selain itu data yang ditampilkan hanya berupa

gambar tanpa disertai dengan angka yang menjelaskan besar kerusakan yang telah terjadi.

Nugroho (2012) dengan judul *Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Tingkat Keausan Cutter Endmill HSS Hasil Pemesinan CNC Milling Pada Baja ST 60*, menyatakan bahwa semakin besar kecepatan pemakan dan semakin lama waktu pemberian cairan pendingin, maka tingkat keausan *cutter* semakin besar. Tipe keausan *cutter endmill* yang terjadi yaitu keausan tepi. Keausan tumbuh relatif cepat kemudian diikuti dengan pertumbuhan yang relatif lambat sampai pada pemotongan terakhir. Tingkat keausan tepi *cutter* terkecil terjadi saat interaksi kecepatan pemakanan 0,11 mm/rev dengan waktu pemberian pendingin 10 menit yaitu sebesar 562,57  $\mu\text{m}$ , sedangkan tingkat keausan tepi *cutter* terbesar terjadi saat interaksi kecepatan pemakanan 0,15 mm/rev dengan waktu pemberian pendingin 20 menit yaitu sebesar 958,65  $\mu\text{m}$ . penelitian ini menunjukkan bahwa interaksi antara variasi kecepatan pemakanan dengan variasi waktu pemberian pendingin mempunyai pengaruh terhadap tingkat keausan *cutter endmill* HSS hasil pemesinan CNC *milling* pada baja ST 60.

Sarjito (2012) dengan judul *Analisa Pengaruh metode Pendingin terhadap Keausan Pahat High Speed Steel (HSS) Pada Proses End Milling* penelitian ini dilakukan pada proses *endmiling* material baja paduan rendah (VCL) dengan menggunakan pahat HSS diameter 12 mm. Penelitian dilakukan dengan cara membandingkan keausan pahat dari proses pemotongan dengan metode pendinginan dikurcurkan, dikabutkan dan dikuas. Rancangan percobaan akan memvariasikan 2

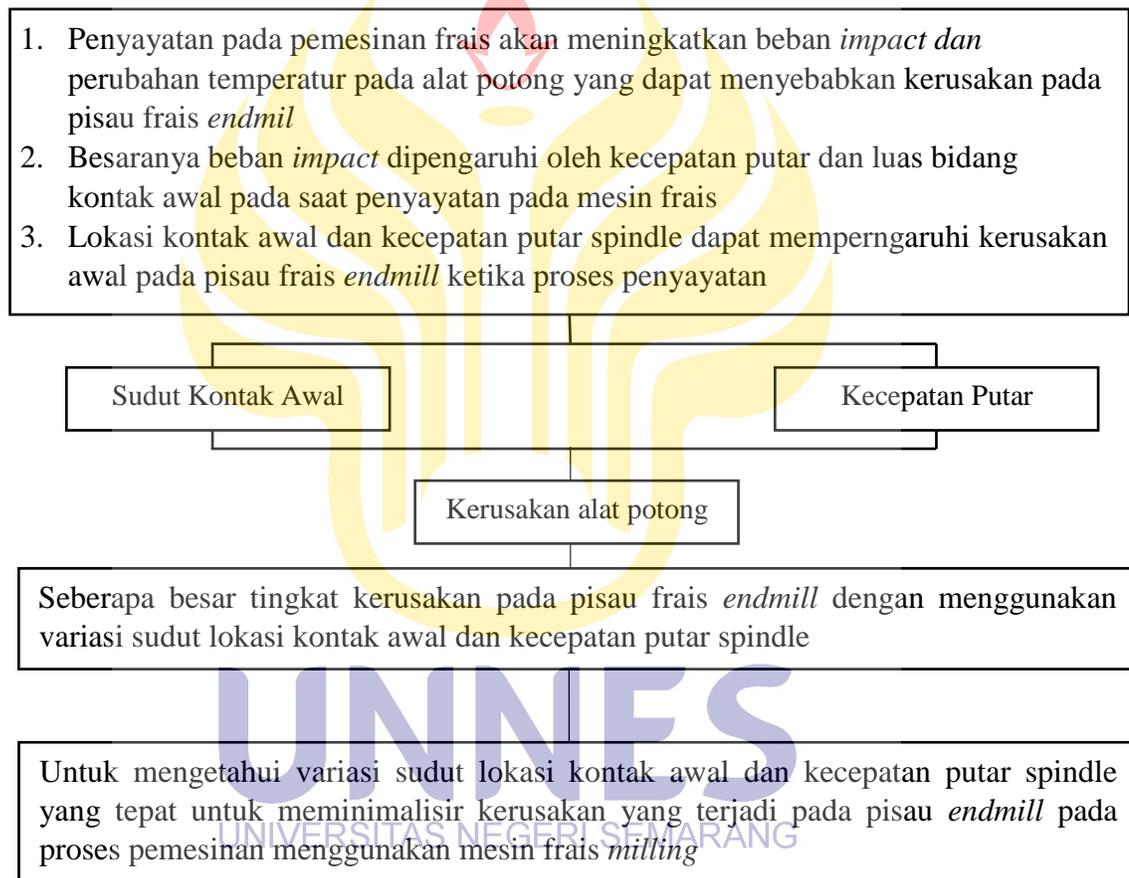
variabel bebas yaitu kedalaman pemotongan dan putaran mesin, dengan variabel respon berupa keausan pahat pada sisi samping dan keausan pahat pada sisi atas. Hasil penelitian menyatakan bahwa proses *endmilling* menggunakan variasi metode pendinginan dikururkan menghasilkan keausan pahat pada sisi samping dan sisi atas paling rendah dibandingkan metode dikabutkan atau dikuas, dari parameter pemotongan nilai keausan sisi atas dan sisi samping paling kecil yaitu pada putaran mesin 800 rpm, kedalaman potong 0,3 mm, dengan rata-rata keausan sisi atas 0,01125 mm, sedangkan nilai keausan terbesar yaitu pada putaran mesin 1250 rpm, kedalaman potong 0,6 mm dengan rata-rata keausan sisi atas 0,0575mm.

### C. Kerangka Berpikir Penelitian

Kualitas dari alat potong memegang peranan yang cukup penting dalam menentukan dan menjaga kualitas produk yang dihasilkan, seperti kepresisian/ketelitian dan tingkat kekasaran produk yang diinginkan, sehingga kualitas dari alat potong perlu dijaga dari kerusakan ketika proses produksi sedang berlangsung, karena kerusakan alat potong tidak dapat dihindarkan namun dapat diminimalisir. (Thomas childs et al., 2000:121).

Menurut Mawardi (2012 : 1) dikarenakan alat potong mesin frais yang berputar maka proses terjadi dua siklus ketika proses penyayatan terjadi yaitu siklus dimana pisau menyayat dan pisau tidak menyayat terjadinya dua periode tersebut menyebabkan mata potong menerima beban saat masuk sehingga timbul beban *impact* pada lokasi kontak awal yang menyebabkan sering terjadi kerusakan mata potong secara tiba-tiba, besarnya beban *impact* yang terjadi pada saat kontak awal

ketika proses penyayatan dapat dipengaruhi oleh kecepatan putar dari pisau frais dan luas bidang kontak awal, maka dari hal tersebut peneliti menggunakan variasi sudut lokasi kontak awal dan kecepatan putar untuk mendapatkan kecepatan putaran dan sudut lokasi kontak awal yang dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada pisau *endmill*



Gambar 2.17 Kerangka Pikir Penelitian

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **A. Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

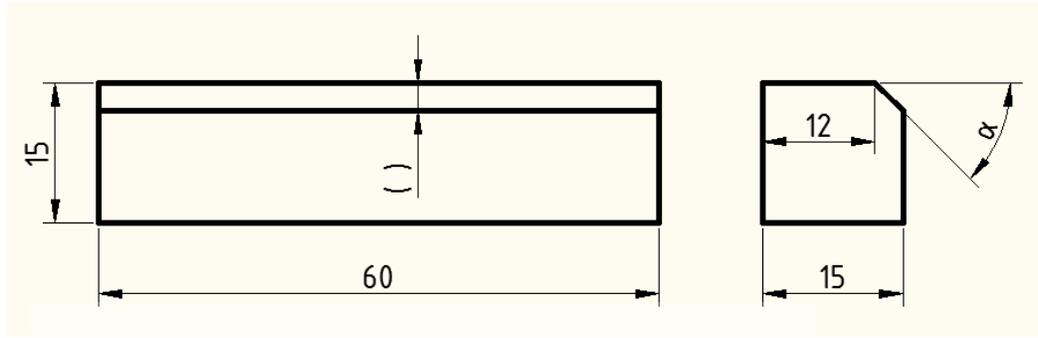
##### **1. Baja karbon rendah**

Baja karbon rendah yang digunakan adalah ST40 yang diperoleh dari CV Bohlindo Semarang



Gambar 3.1. Baja Karbon Rendah

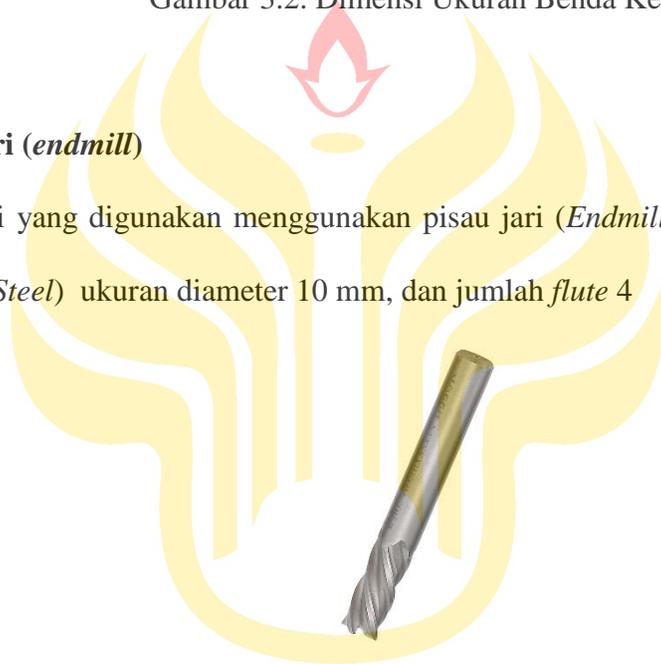
Baja ST40 ini kemudian dibentuk mejadi benda kerja dengan ukuran sebagai yang telah ditentukan



Gambar 3.2. Dimensi Ukuran Benda Kerja

## 2. Pisau jari (*endmill*)

Pisau jari yang digunakan menggunakan pisau jari (*Endmill*) dari material HSS (*High Speed Steel*) ukuran diameter 10 mm, dan jumlah *flute* 4



Gambar 3.3. Pisau Jari (*Endmill*) 4 *flute*.

Berikut adalah data jumlah spesimen yang akan digunakan tertera pada tabel

3.1.

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Tabel 3.1 Data Spesimen Penelitian

Spesimen	Variasi Kecepatan Putar Spindel Utama (rpm)	Variasi Sudut lokasi kontak awal	Jumlah ( <i>endmill</i> )
1	350	25 <sup>0</sup>	1
2	350	25 <sup>0</sup>	1
3	350	25 <sup>0</sup>	1

4	550	35 <sup>0</sup>	1
5	550	35 <sup>0</sup>	1
6	550	35 <sup>0</sup>	1
7	930	45 <sup>0</sup>	1
8	930	45 <sup>0</sup>	1
9	930	45 <sup>0</sup>	1
Total Spesimen			9

## B. Alat dan Peralatan Penelitian

### 1) Mesin Frais Vertikal dan perlengkapannya

Mesin frais vertikal yang digunakan menggunakan mesin yang ada di laboratorium produksi jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.



Gambar 3.4 Mesin Frais Vertikal Konvensional

2) *Microscope Uji Foto Makro*

Uji foto makro dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Uji ini dilakukan setelah proses pemesinan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kerusakan yang terjadi pada pisau *endmill*.

3) *Jangka Sorong.*

4) *Bevel Protector.*

5) *Palu Karet.*

**C. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap yaitu pemuatan benda kerja , proses penelitian dan proses uji foto makro. Pembuatan benda kerja dilakukan pada hari Selasa dan Jumat selama dua minggu tanggal 7-17 November 2016 pada pukul 08.00 - 14.00 WIB, untuk proses penelitian dilakukan pada hari Selasa dan Jumat tanggal 21 dan 24 November 2016 dari pukul 08.00-14.00 WIB. kedua proses di atas dilakukan di Laboratorium Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Proses uji foto makro dilakukan di Laboraturioum Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, pengujian dilakukan pada hari Rabu 1 Desember 2016 pada pukul 09.00-11.30 WIB.

#### **D. Prosedur Penelitian**

##### **1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian**

Diagram alir penelitian merupakan diagram yang memaparkan tahapan dalam melaksanakan penelitian mulai dari pemilihan spesimen, kemudian variabel-variabel yang digunakan, hingga menarik kesimpulan dari data yang telah didapatkan. Langkah-langkah atau tahapan yang dilakukan dari awal hingga penyusunan skripsi dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar diagram alir berikut ini.



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

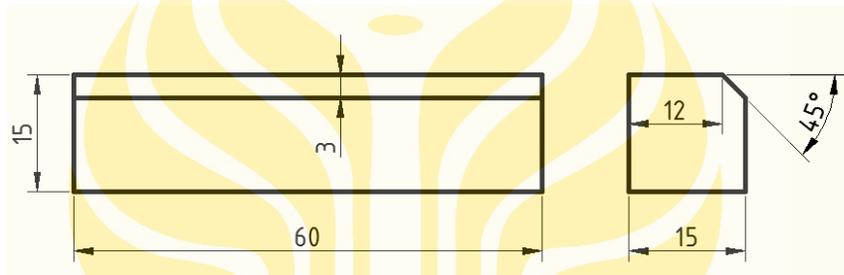
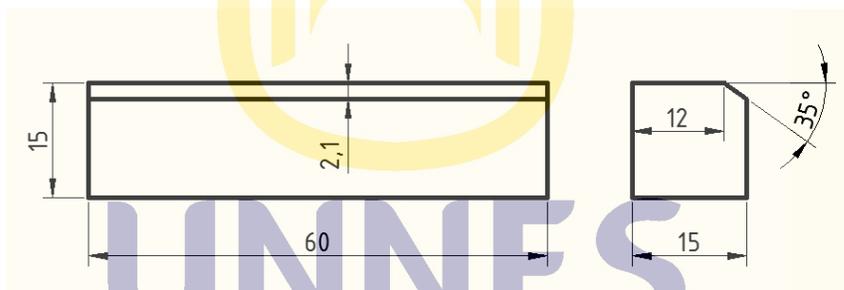
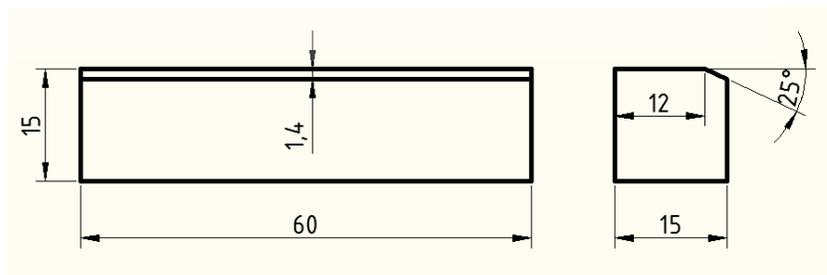
### 3. Proses Penelitian

#### a. Persiapan bahan penelitian :

- 1) Baja karbon rendah tipe ST 40 dengan chamfer untuk variasi lokasi kontak awal dengan sudut yang telah ditentukan yaitu  $25^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$ .

Tabel 3.2. Data Jumlah Benda Kerja

Jumlah benda kerja	Sudut Lokasi Kontak
	Awal
3	$25^0$
3	$35^0$
3	$45^0$

Gambar 3.6. Benda kerja dengan sudut masuk  $45^0$ Gambar 3.7. Benda kerja dengan sudut masuk  $35^0$ Gambar 3.8. Benda kerja dengan sudut masuk  $25^0$

- 2) Pisau jari (*endmill*) HSS dengan diameter potong 10 mm dan jumlah mata potong empat, sebanyak 9 buah.

b. Persiapan alat penelitian

Mempersiapkan alat untuk proses pengerjaan frais muka ;

- 1) Mesin frais vertikal dan kelengkapannya.
- 2) Jangka Sorong.
- 3) *Bevel Protector*.
- 4) Palu Karet.

c. Proses Penelitian

- 1) Pasang benda kerja pada ragum mesin frais yang sudah terpasang.
- 2) Pasang pisau jari pada arbor mesin frais.
- 3) Atur kecepatan putar, kedalaman potong dan kecepatan pemakanan. Kedalaman pemakanan yang digunakan sebesar 0,5 mm tiap pemakanan dan *feedrate* yang digunakan sebesar 70 mm/menit

Tabel 3.2 Pengaturan Parameter Pemesinan dan Sudut Lokasi Kontak Awal

No Spesimen ( <i>endmill</i> )	Sudut Lokasi Kontak Awal	<i>Spindle speed</i>	Kedalaman Pemakanan	<i>Feedrate</i>
1	25 <sup>0</sup>	350 rpm	0,5mm	70 mm/menit
2	25 <sup>0</sup>	550 rpm	0,5mm	70 mm/menit
3	25 <sup>0</sup>	930 rpm	0,5mm	70 mm/menit
4	35 <sup>0</sup>	350 rpm	0,5mm	70 mm/menit
5	35 <sup>0</sup>	550 rpm	0,5mm	70 mm/menit
6	35 <sup>0</sup>	930 rpm	0,5mm	70 mm/menit

7	45 <sup>0</sup>	350 rpm	0,5mm	70 mm/menit
8	45 <sup>0</sup>	550 rpm	0,5mm	70 mm/menit
9	45 <sup>0</sup>	930 rpm	0,5mm	70 mm/menit

- 4) Lakukan pemakanan sedalam 0,5 mm sepanjang benda kerja yaitu 60 mm pemakanan dilakukan sebanyak dua kali tiap benda kerja.

d. Foto Makro

- 1) Siapkan instrumen untuk mencatat hasil foto makro (tabel 3.3) ukuran kerusakan (*flank wear* dan *cutting edge wear*).
- 2) Catat hasil pengukuran dari foto mikro.

Tabel 3.3. Pengukuran Foto Makro

<i>Spesimen</i>	<i>Flank Wear</i> (mm)	<i>Cutting Edge Wear</i> (mm)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

**E. Data Penelitian**

**1. Variabel Penelitian**

a. Variabel Bebas

Variabel bebas atau disebut *independent variable* adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variabel terikat (*dependent variable*), (Sugiyono 2012: 61). Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah sudut lokasi kontak awal dan kecepatan putar spindle mesin frais

#### b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2012: 61). Variabel terikat pada penelitian ini adalah kerusakan yang terjadi pada mata potong pisau jari (*endmill*) pada proses pengerjaan.

#### c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dijaga perlakuannya agar tetap sama dari suatu penelitian. Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan pemakanan dan kedalaman pemotongan.

### 2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dengan metode observasi. Metode observasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap unsur-unsur yang tampak dalam suatu gejala dalam objek penelitian, pengamatan dilakukan dengan melihat hasil dari kerusakan yang terjadi pada pisau frais (*endmill*) menggunakan alat foto uji makro.

### 3. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data dengan metode penyelidikan deskriptif dimana metode ini digunakan untuk menerjemahkan data yang telah diambil, data yang telah diperoleh dari hasil pengujian data tersebut berupa ukuran tingkat kerusakan pada pisau frais jari (*endmill*) sesuai dengan variasi kecepatan putar

dan lokasi sudut kontak awal yang digunakan, kemudian data tersebut dimasukkan ke dalam tabel, dan disajikan dalam bentuk grafik untuk kemudian dianalisis.



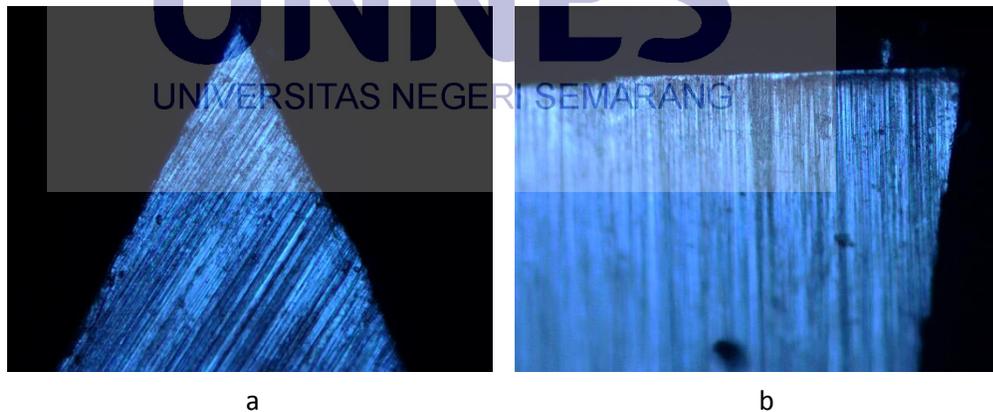
## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### A. Hasil Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang menggunakan dua faktor variabel bebas yaitu variasi kecepatan putar spindle, dan sudut lokasi kontak awal, untuk variabel terikatnya adalah kerusakan pisau *Endmill* HSS hasil pemesinan frais konvensional pada baja ST40. Pengukuran kerusakan *Endmill* dilakukan menggunakan foto makro dengan alat foto *Mikroscope Meiji Techno* yang berada di Laboratorium uji Jurusan teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

Untuk mengetahui seberapa besar kerusakan yang terjadi setelah proses pemakanan dilakukan, peneliti membandingkan ukuran mata potong *endmill* yang masih utuh atau belum digunakan untuk penyayatan dengan mata potong yang sudah digunakan untuk penyayatan, pada gambar 3.1 dibawah ini adalah gambar hasil foto makro pada mata potong *endmill* yang belum digunakan untuk menyayat, yang kemudian digunakan sebagai pembanding.



Gambar 4.1 (a) penampang potong dari samping (b) penampang potong dari atas.

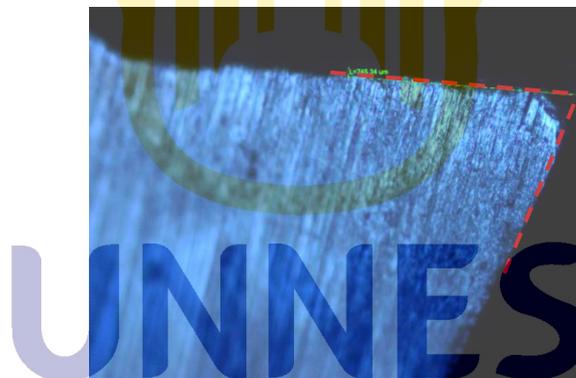
Penampang potong dari samping diambil untuk mengetahui jenis kerusakan *flank wear*, dan penampang potong dari atas digunakan untuk mengetahui jenis kerusakan *cutting edge wear*.

## 1. Tingkat Kerusakan

### a. Pengaruh Variasi Sudut Kontak Awal Dengan Nilai Kerusakan *Flank Wear* Pada *Endmill*

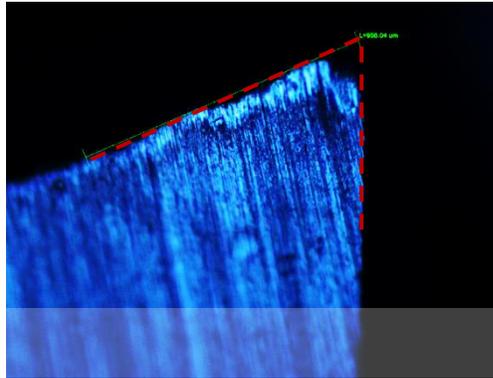
#### 1) Tingkat Kerusakan Pada Sudut Kontak Awal $25^{\circ}$

Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi kecepatan putar spindle yaitu 350 rpm, 550 rpm, dan 920 rpm pada sudut kontak awal  $25^{\circ}$ , nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 350 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 745,34  $\mu\text{m}$ .



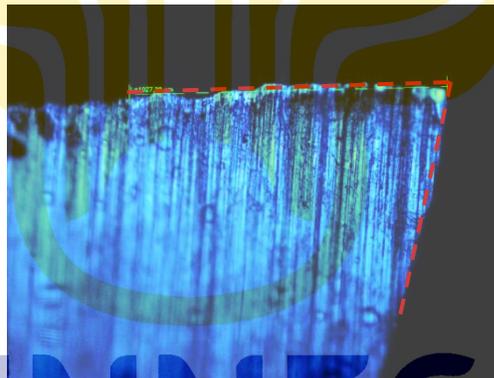
Gambar 4.2. Spesimen 1 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 550 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 956,04  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.3. Spesimen 2 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

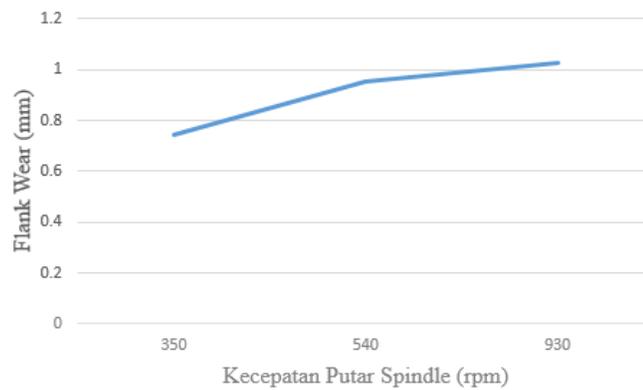
Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 930 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 1027,33  $\mu\text{m}$



Gambar 4.4. Spesimen 3 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Tabel 4.1 *Flank Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$

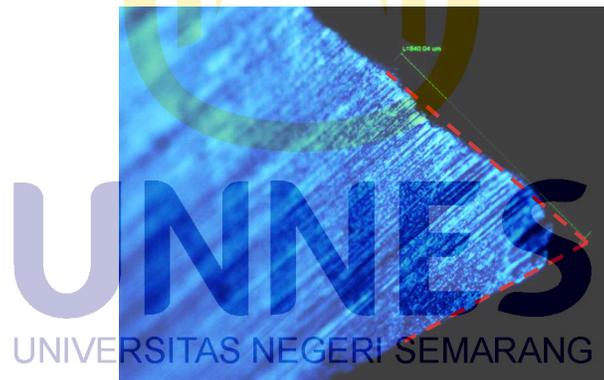
No Spesimen	Kecepatan Putar Spindle	Flank Wear (mm)
1	350	0.74534
2	550	0.95342
3	930	1.02733



Gambar 4.5. Grafik Nilai *Flank Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$

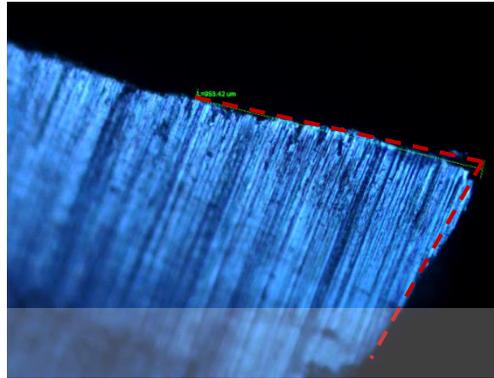
## 2) Tingkat Kerusakan Pada Sudut Kontak Awal $35^{\circ}$

Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi kecepatan putar spindle yaitu 350 rpm, 550 rpm, dan 920 rpm pada sudut kontak awal  $55^{\circ}$ , nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 350 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 840,04  $\mu\text{m}$ .



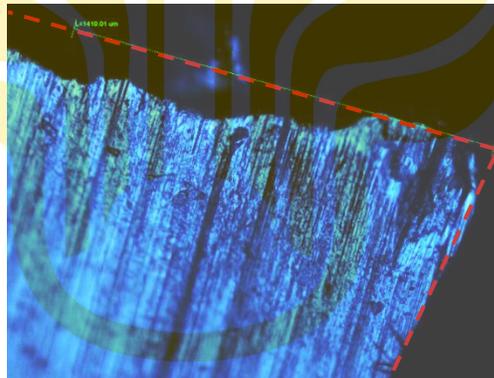
Gambar 4.6. Spesimen 4 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 550 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 953,42  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.7. Spesimen 5 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

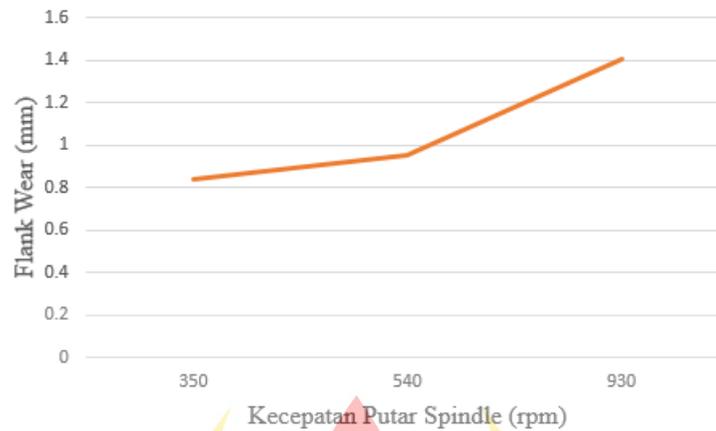
Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 930 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 1410,01  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.8. Spesimen 6 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Tabel 4.2 *Flank Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$

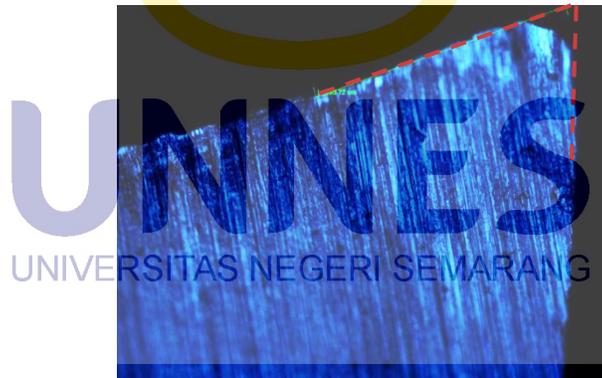
No Spesimen	Kecepatan Putar Spindle	Flank Wear (mm)
4	350	0.84004
5	550	0.95604
6	930	1.41001



Gambar 4.9. Grafik Nilai *Flank Wear* Pada Sudut Kontak Awal 55

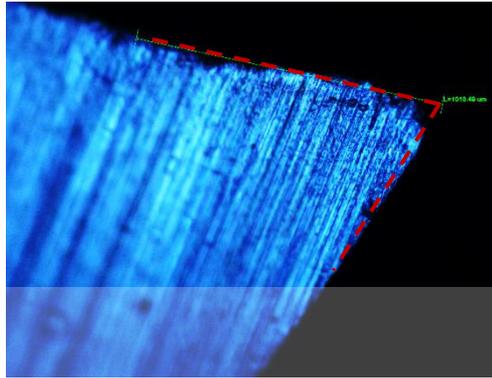
### 3) Tingkat Kerusakan Pada Sudut Kontak Awal 45<sup>0</sup>

Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi kecepatan putar spindle yaitu 350 rpm, 550 rpm, dan 920 rpm pada sudut kontak awal 45<sup>0</sup>, nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 340 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 855,72  $\mu\text{m}$



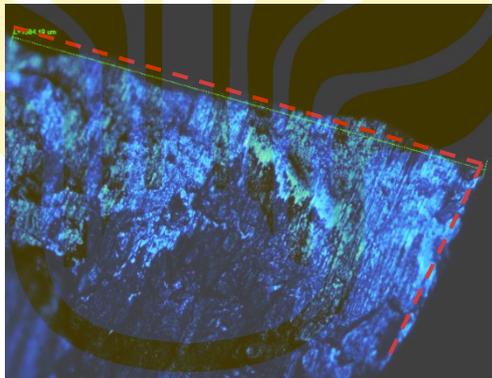
Gambar 4.10. Spesimen 7 Dengan Sudut Kontak Awal 45<sup>0</sup> dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 550 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 1010,49  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.11. Spesimen 8 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

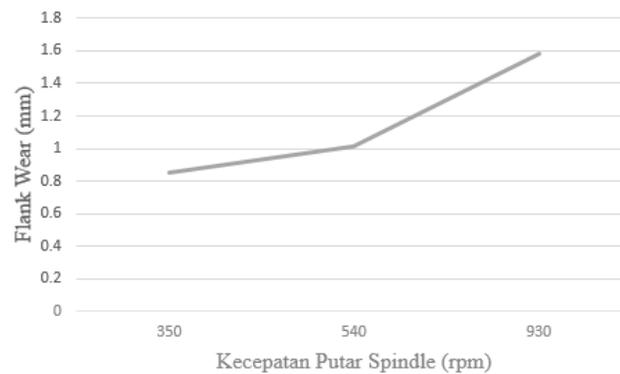
Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 930 rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang 1584,19  $\mu\text{m}$ .



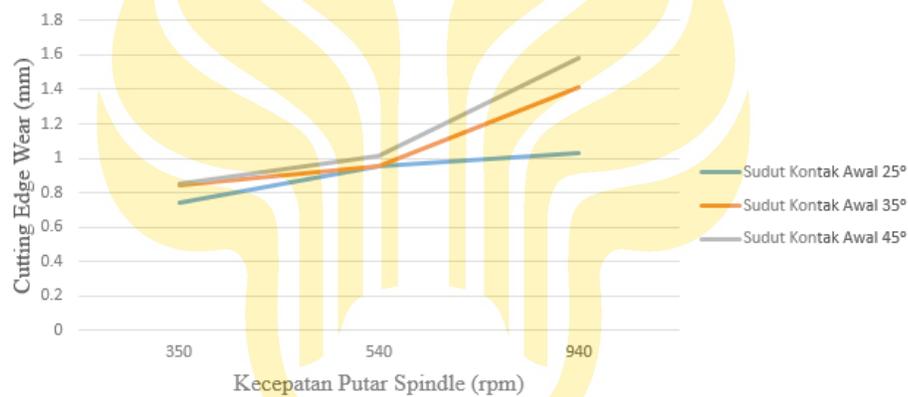
Gambar 4.12. Spesimen 9 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Tabel 4.3. *Flank Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$

No Spesimen	Kecepatan Putar Spindle (rpm)	Flank Wear
7	350	0.85572
8	550	1.01049
9	930	1.58419



Gambar 4.13. Grafik Nilai *Flank Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$



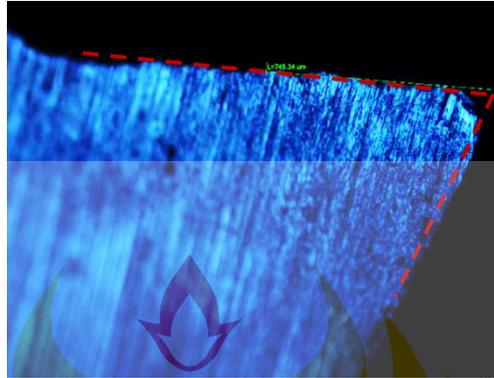
Gambar 4.14. Grafik Pengaruh Variasi Sudut Kontak Awal Dengan Nilai *Flank Wear* Pada Seluruh Spesimen *Endmill*

b. Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Dengan Nilai Kerusakan *Flank Wear* Pada *Endmill*

1) Tingkat Kerusakan Pada Kecepatan Putar 350 rpm

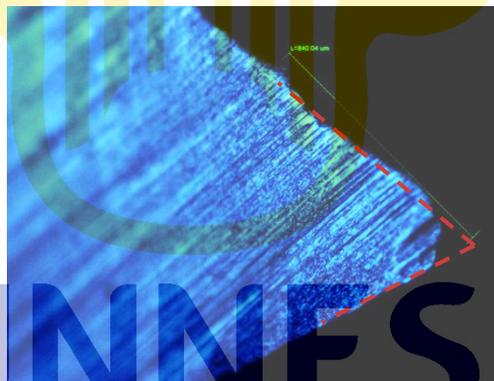
Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi sudut kontak awal yaitu  $25^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$  pada kecepatan putar 350 rpm, nilai

kerusakan pada Sudut Kontak Awal  $25^0$  yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $745,34 \mu\text{m}$ .



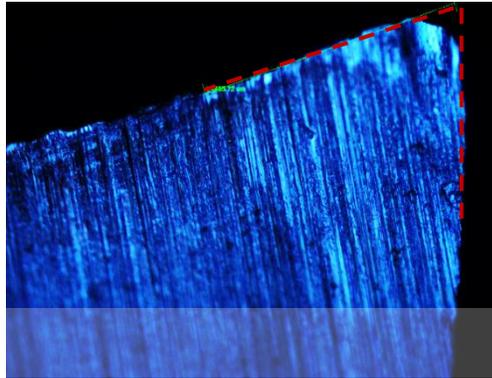
Gambar 4.15. Spesimen 1 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^0$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada Sudut Kontak Awal  $35^0$  yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $840,04 \mu\text{m}$ .



Gambar 4.16. Spesimen 4 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^0$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada sudut kontak awal  $45^0$  rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $855,72 \mu\text{m}$



Gambar 4.17. Spesimen 7 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Tabel 4.4. *Flank Wear* Pada Kecepatan Putar 350 rpm

No Spesimen	Sudut Kontak Awal	Flank Wear
1	$25^{\circ}$	0.74534
4	$35^{\circ}$	0.84004
7	$45^{\circ}$	0.85572

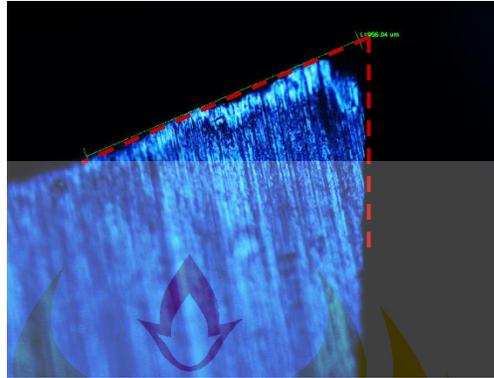


Gambar 4.18. Grafik Nilai *Flank Wear* Pada Kecepatan Putar 350 rpm

## 2) Tingkat Kerusakan Pada Kecepatan Putar 550 rpm

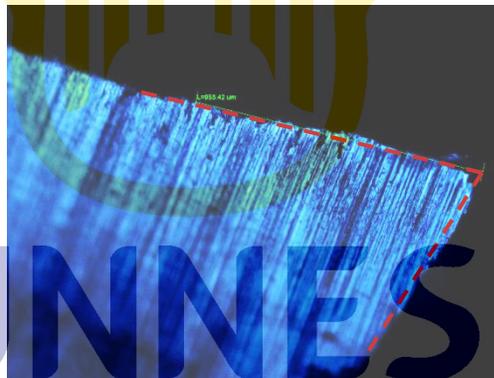
Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi sudut kontak awal yaitu  $25^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$  pada kecepatan putar 550 rpm, nilai

kerusakan pada sudut kontak awal  $25^{\circ}$  yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $953,42 \mu\text{m}$ .



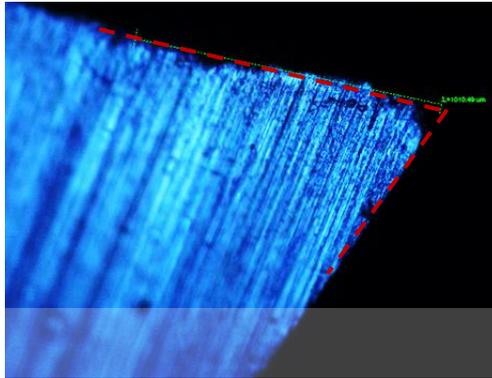
Gambar 4.19. Spesimen 2 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

Nilai kerusakan pada sudut kontak awal  $35^{\circ}$  yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $953,42 \mu\text{m}$



Gambar 4.20. Spesimen 5 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

Nilai kerusakan pada sudut kontak awal  $45^{\circ}$  yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $1010,49 \mu\text{m}$ .



Gambar 4.21. Spesimen 8 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

Tabel 4.5. *Flank Wear* Pada Kecepatan Putar 550 rpm

No Spesimen	Sudut Kontak Awal	Flank Wear
2	$25^{\circ}$	0.95342
5	$35^{\circ}$	0,95604
8	$45^{\circ}$	1.01049

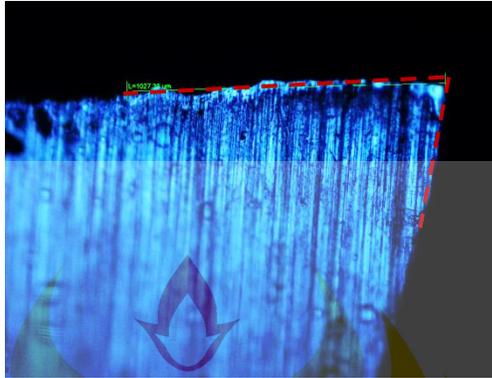


Gambar 4.22. Grafik Nilai *Flank Wear* Pada Kecepatan Putar 550 rpm

### 3) Tingkat Kerusakan Pada Kecepatan Putar 930 rpm

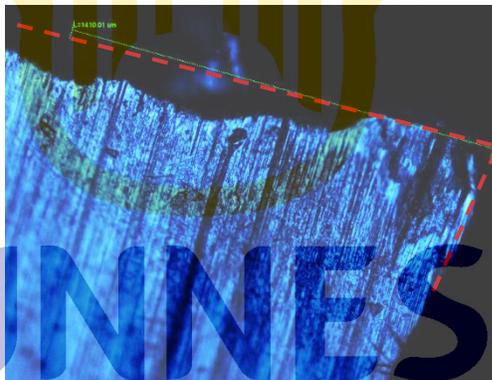
Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi sudut kontak awal yaitu  $25^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$  pada kecepatan putar 930 rpm, nilai

kerusakan pada sudut kontak awal  $25^{\circ}$  yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $1027,33 \mu\text{m}$



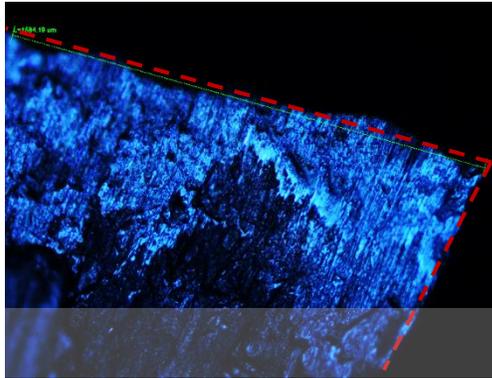
Gambar 4.23. Spesimen 3 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Nilai kerusakan pada sudut kontak awal  $35^{\circ}$  yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $1410,01 \mu\text{m}$ .



Gambar 4.24. Spesimen 6 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Nilai kerusakan pada sudut kontak awal  $45^{\circ}$  rpm yaitu kerusakan *Flank Wear* terjadi sepanjang  $1584,19 \mu\text{m}$ .



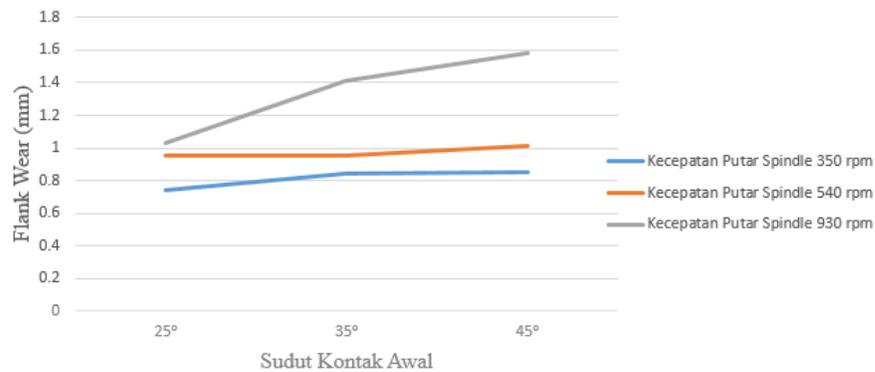
Gambar 4.25. Spesimen 9 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Tabel 4.6. *Flank Wear* Pada Kecepatan Putar 930 rpm

No Spesimen	Kecepatan Putar Spindle	Flank Wear (mm)
3	$25^{\circ}$	1.02733
6	$35^{\circ}$	1.41001
9	$45^{\circ}$	1.58419



Gambar 4.26. Grafik *Flank Wear* Pada Kecepatan Putar 930 rpm

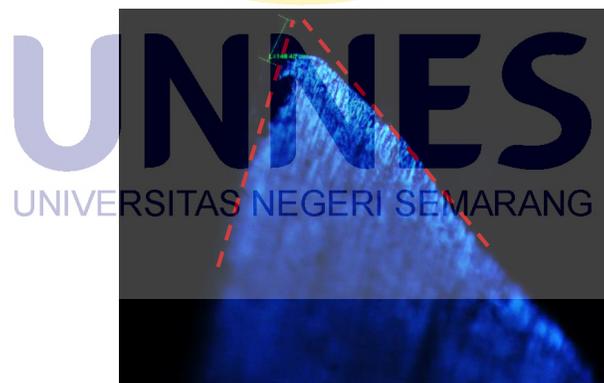


Gambar 4.27. Grafik Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindle Dengan Nilai *Flank Wear* Pada Seluruh Spesimen *Endmill*

c. Pengaruh Variasi Sudut Kontak Awal Terhadap Nilai Kerusakan *Cutting Edge Wear* Pada *Endmill*.

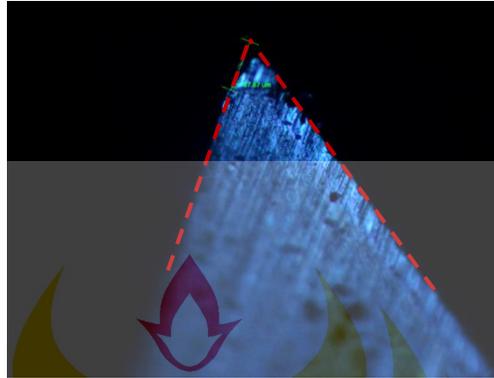
1. Tingkat Kerusakan Pada Sudut Kontak Awal  $25^0$

Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi kecepatan putar spindle yaitu 350 rpm, 550 rpm, dan 920 rpm pada sudut kontak awal  $25^0$ , nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 350 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang 149,4  $\mu\text{m}$ .



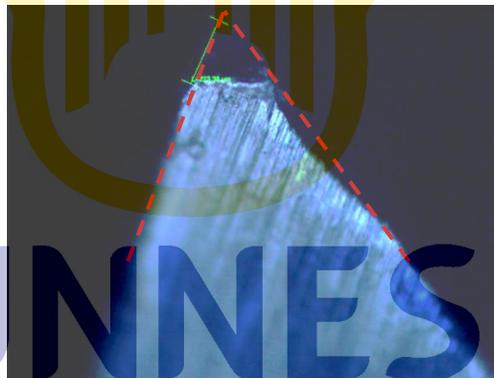
Gambar 4.28. Spesimen 1 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^0$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 550 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang 167,87  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.29. Spesimen 4 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^0$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 930 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang 223,38  $\mu\text{m}$



Gambar 4.30. Spesimen 7 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^0$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Tabel 4.7. *Cutting Edge Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $25^0$

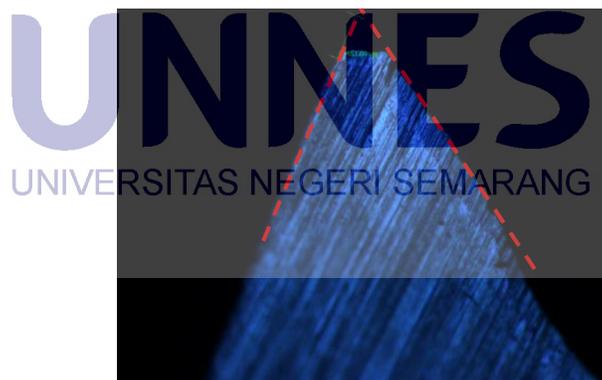
No Spesimen	Kecepatan Putar Spindle	Cutting Edge Wear (mm)
1	350	0.1494
4	550	0.16787
7	930	0.22338



Gambar 4.31. Grafik Nilai *Cutting Edge Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$

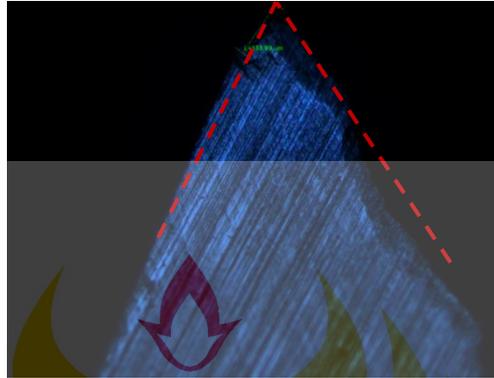
## 2. Tingkat Kerusakan Pada Sudut Kontak Awal $35^{\circ}$

Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi kecepatan putar spindle yaitu 350 rpm, 550 rpm, dan 920 rpm pada sudut kontak awal  $35^{\circ}$ , nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 350 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $151 \mu\text{m}$ .



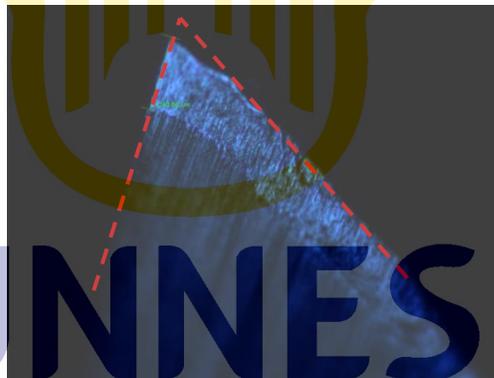
Gambar 4.32. Spesimen 2 Dengan Sudut Kontak Awal  $55^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 550 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang 189,99  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.33. Spesimen 5 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^0$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

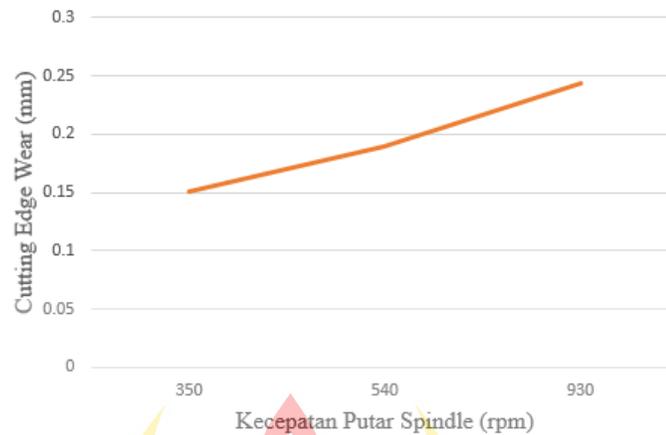
Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 930 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang 243,38  $\mu\text{m}$



Gambar 4.34. Spesimen 8 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^0$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Tabel 4.8. *Cutting Edge Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $35^0$

No Spesimen	Kecepatan Putar Spindle	Cutting Edge Wear (mm)
2	350	0.151
5	550	0.18999
8	930	0.24338



Gambar 4.35. Grafik Nilai *Cutting Edge Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$

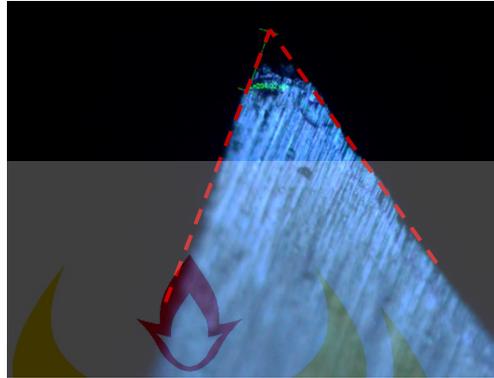
### 3. Tingkat Kerusakan Pada Sudut Kontak Awal $45^{\circ}$

Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi kecepatan putar spindle yaitu 350 rpm, 550 rpm, dan 920 rpm pada sudut kontak awal  $35^{\circ}$ , nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 350 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $152,28 \mu\text{m}$ .



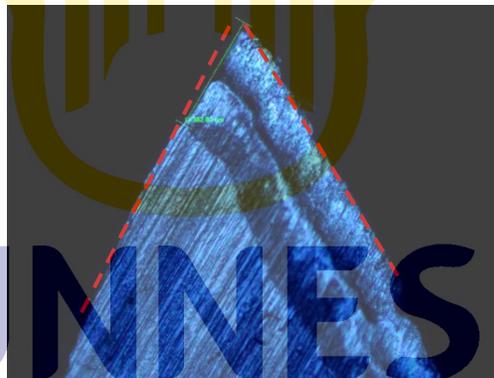
Gambar 4.36. Spesimen 3 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 550 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang 204,02  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.37. Spesimen 6 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^0$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

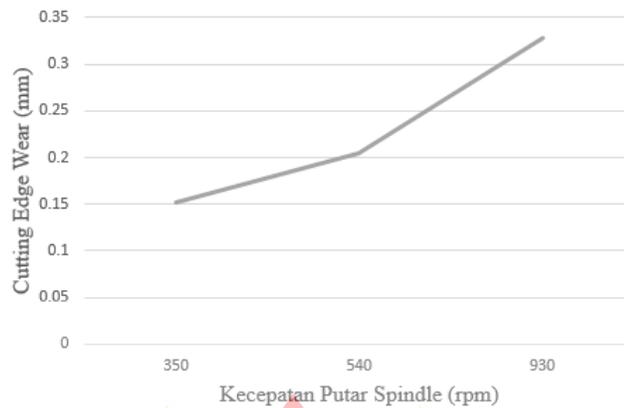
Nilai kerusakan pada kecepatan putar spindle 930 rpm yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang 382,80  $\mu\text{m}$



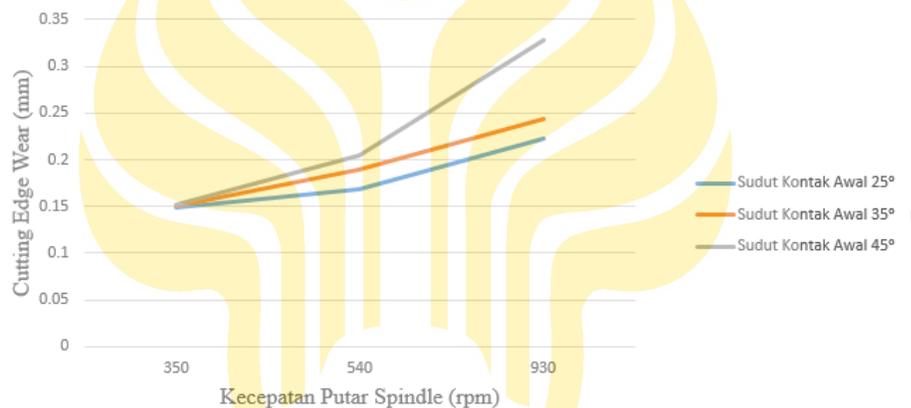
Gambar 4.38. Spesimen 9 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^0$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Tabel 4.9. *Cutting Edge Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $45^0$

No Spesimen	Kecepatan Putar Spindle	Cutting Edge Wear (mm)
1	350	0.15228
2	550	0.20402
3	930	0.3288



Gambar 4.39. Grafik Nilai *Cutting Edge Wear* Pada Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$

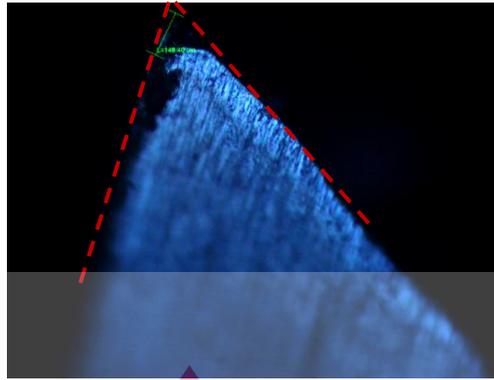


Gambar 4.40. Grafik Pengaruh Variasi Sudut Kontak Awal Dengan Nilai *Cutting Edge Wear* Pada Seluruh Spesimen *Endmill*

d. Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Nilai Kerusakan *Cutting Edge Wear* Pada *Endmill*.

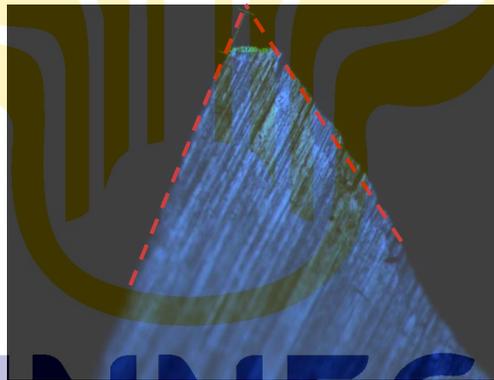
1) Tingkat Kerusakan Pada Kecepatan Putar 350 rpm

Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi sudut lokasi kontak awal yaitu  $25^{\circ}$   $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$  kecepatan putar 350 rpm, nilai kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $25^{\circ}$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $149,40 \mu\text{m}$ .



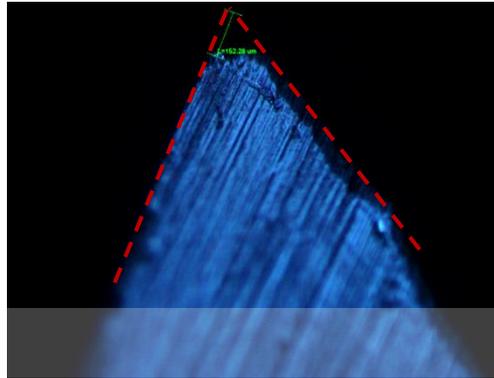
Gambar 4.41. Spesimen 1 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $35^{\circ}$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $151 \mu\text{m}$ .



Gambar 4.42. Spesimen 2 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Nilai kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $45^{\circ}$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $152,28 \mu\text{m}$ .



Gambar 4.43. Spesimen 3 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 350 rpm

Tabel 4.10 *Cutting Edge Wear* Pada Kecepatan Putar 350 rpm

No Spesimen	Sudut Kontak Awal	Cutting Edge Wear (mm)
1	$25^{\circ}$	0.1494
2	$35^{\circ}$	0.151
3	$45^{\circ}$	0.15228

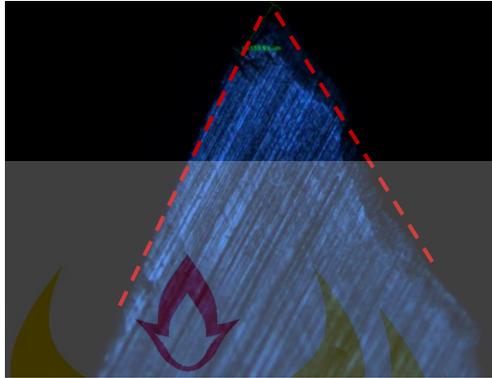


Gambar 4.44. Grafik Nilai *Cutting Edge Wear* Pada Kecepatan Putar 350 rpm

## 2) Tingkat Kerusakan Pada Kecepatan Putar 550 rpm

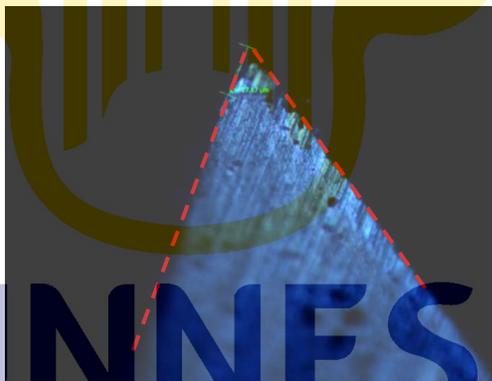
Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi sudut lokasi kontak awal yaitu  $25^{\circ}$   $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$  kecepatan putar 550 rpm, nilai

kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $25^0$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $189,99 \mu\text{m}$ .



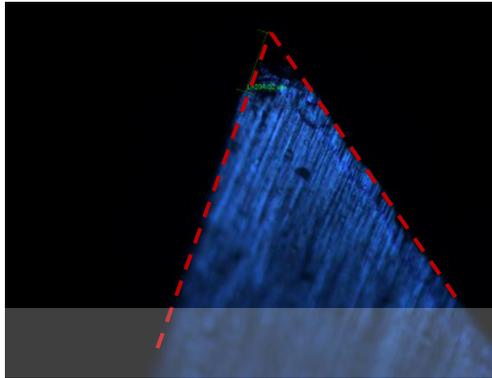
Gambar 4.45. Spesimen 4 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^0$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

Nilai kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $35^0$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $167,87 \mu\text{m}$ .



Gambar 4.46. Spesimen 5 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^0$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

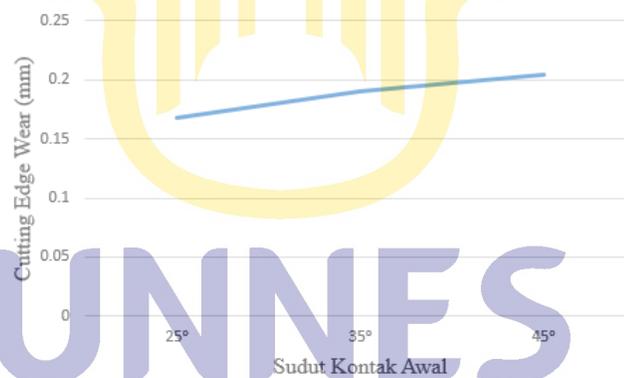
Nilai kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $45^0$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $204,02 \mu\text{m}$ .



Gambar 4.47. Spesimen 6 Dengan Sudut Kontak Awal  $45^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 550 rpm

Tabel 4.11. *Cutting Edge Wear* Pada Kecepatan Putar 350 rpm

No Spesimen	Sudut Kontak Awal	Cutting Edge Wear (mm)
4	$25^{\circ}$	0.16787
5	$35^{\circ}$	0.18999
6	$45^{\circ}$	0.20402

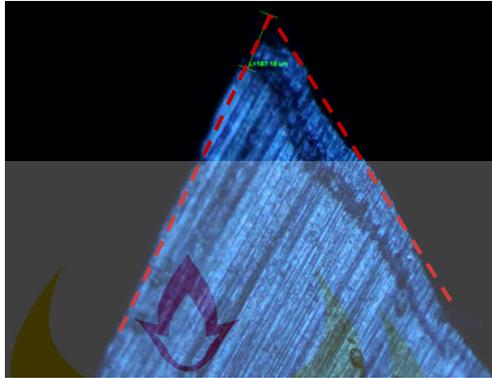


Gambar 4.48. Grafik Nilai *Cutting Edge Wear* Pada Kecepatan Putar 550 rpm

### 3) Tingkat Kerusakan Pada Kecepatan Putar 930 rpm

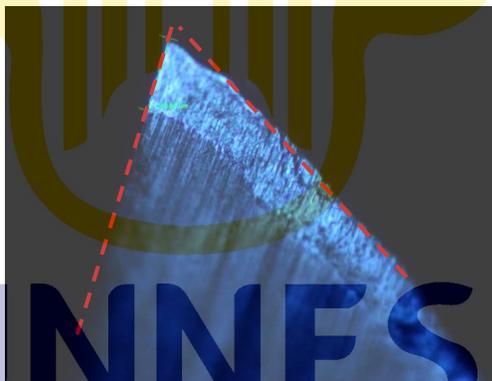
Berdasarkan data penelitian diperoleh beberapa nilai kerusakan dari tiga variasi sudut lokasi kontak awal yaitu  $25^{\circ}$   $35^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$  kecepatan putar 550 rpm, nilai

kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $25^0$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $187,18 \mu\text{m}$



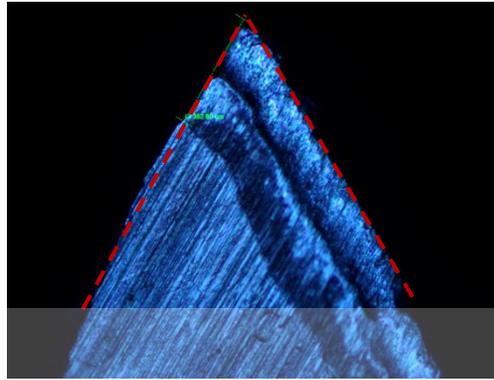
Gambar 4.49. Spesimen 7 Dengan Sudut Kontak Awal  $25^0$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Nilai kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $35^0$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $243,96 \mu\text{m}$ .



Gambar 4.50. Spesimen 8 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^0$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Nilai kerusakan pada sudut lokasi kontak awal  $45^0$  yaitu kerusakan *Cutting Edge Wear* terjadi sepanjang  $382,80 \mu\text{m}$



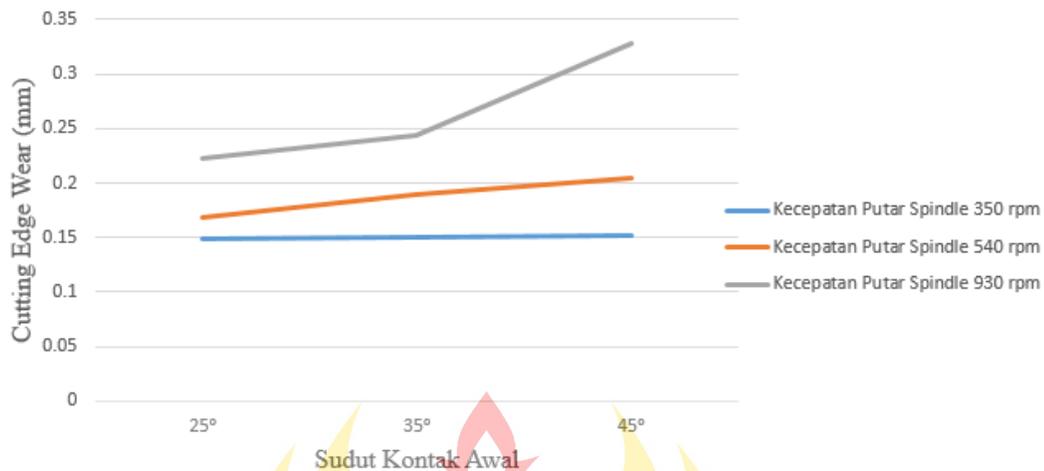
Gambar 4.51. Spesimen 9 Dengan Sudut Kontak Awal  $35^{\circ}$  dan Kecepatan Putar 930 rpm

Tabel 4.12. *Cutting Edge Wear* Pada Kecepatan Putar 930 rpm

No Spesimen	Sudut Kontak Awal	Cutting Edge Wear (mm)
7	$25^{\circ}$	0.22338
8	$35^{\circ}$	0.24338
9	$45^{\circ}$	0.3288



Gambar 4.52. Grafik Nilai *Cutting Edge Wear* Pada Kecepatan Putar 930 rpm



Gambar 4.53. Grafik Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindle Dengan Nilai *Cutting Edge Wear* Pada Seluruh Spesimen *Endmill*

## B. Pembahasan

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data nilai kerusakan *flank wear* dan *cutting edge wear*, dengan variasi kecepatan putar spindle yaitu 350 rpm, 550 rpm dan 930 rpm dan variasi sudut lokasi kontak awal yaitu 25<sup>0</sup>, 35<sup>0</sup> dan 45<sup>0</sup>, proses pemesinan dengan menggunakan variasi putaran spindle dengan sudut kontak awal 25<sup>0</sup> nilai *flank wear* terbesar terjadi pada kecepatan putar 930 rpm yaitu sebesar 1,02733 mm, dan nilai terkecil terjadi pada 350 rpm yaitu 0,74534 mm, untuk nilai *cutting edge wear* terbesar terjadi pada kecepatan putar 930 rpm sebesar 0,22338 mm untuk nilai *cutting edge wear* terkecil terjadi pada kecepatan putar 350 rpm yaitu sebesar 0,1494 mm. Pada sudut kontak awal 35<sup>0</sup> nilai *flank wear* terbesar terjadi pada kecepatan putar 930 rpm yaitu sebesar 1,41001 mm dan nilai *flank wear* terkecil pada putaran 350 rpm yaitu sbesar 0,84004 mm, untuk nilai *cutting edge wear* terbesar terjadi pada kecepatan putar 930 rpm sebesar 0,24338 mm untuk nilai *cutting edge wear* terkecil terjadi pada kecepatan putar 350 rpm yaitu sebesar 0,151

mm. Sedangkan pada sudut kontak awal  $45^0$  nilai *flank wear* terbesar terjadi pada kecepatan putar 930 rpm yaitu sebesar 1,58419 mm dan nilai *flank wear* terkecil pada putaran 350 rpm yaitu sebesar 0,85572 mm, untuk nilai *cutting edge wear* terbesar terjadi pada kecepatan putar 930 rpm sebesar 0,3288 mm untuk nilai *cutting edge wear* terkecil terjadi pada kecepatan putar 350 rpm yaitu sebesar 0,15228 mm.

Pada proses pemesinan dengan menggunakan variasi sudut kontak awal dengan kecepatan putar 350 rpm nilai *flank wear* terbesar terjadi pada sudut kontak awal  $45^0$  yaitu sebesar 0,85572 mm, dan nilai terkecil terjadi pada sudut kontak awal  $25^0$  yaitu 0,74534 mm, untuk nilai *cutting edge wear* terbesar terjadi pada sudut kontak awal  $45^0$  sebesar 0,15228 mm untuk nilai *cutting edge wear* terkecil terjadi pada sudut kontak awal  $25^0$  yaitu sebesar 0,1494 mm. Pada kecepatan putar 550 rpm nilai *flank wear* terbesar terjadi pada sudut kontak awal  $45^0$  yaitu sebesar 1,01049 mm, dan nilai terkecil terjadi pada sudut kontak awal  $25^0$  yaitu 0,95342 mm, untuk nilai *cutting edge wear* terbesar terjadi pada sudut kontak awal  $45^0$  sebesar 0,20402 mm untuk nilai *cutting edge wear* terkecil terjadi pada sudut kontak awal  $25^0$  yaitu sebesar 0,16787 mm. Pada kecepatan putar 930 rpm nilai *flank wear* terbesar terjadi pada sudut kontak awal  $45^0$  yaitu sebesar 1,58419 mm, dan nilai terkecil terjadi pada sudut kontak awal  $25^0$  yaitu 1,02733 mm, untuk nilai *cutting edge wear* terbesar terjadi pada sudut kontak awal  $45^0$  sebesar 0,22338 mm untuk nilai *cutting edge wear* terkecil terjadi pada sudut kontak awal  $25^0$  yaitu sebesar 0,3288 mm.

Dari keseluruhan data tersebut maka diperoleh nilai *flank wear* terkecil sebesar 0,74534 mm dan nilai *cutting edge wear* terkecil sebesar 0,1494 mm terjadi pada kecepatan putar 350 rpm dengan sudut kontak awal  $25^0$  dan *flank wear* terbesar

dengan nilai 1,58419 mm dan nilai *cutting edge wear* terbesar sebesar 0,3288 mm terjadi pada kecepatan putar 930 rpm pada sudut kontak awal  $45^{\circ}$ . Data penelitian tersebut juga membuktikan bahwa baik dari variabel sudut kontak awal dan kecepatan putaran spindle berpengaruh terhadap perubahan nilai *flank wear* pisau *endmill*

Data tersebut juga menunjukkan bahwa variasi kecepatan putar lebih berperan dalam meningkatnya nilai *flank wear* pada *endmill*, hal ini dapat dilihat melalui tabel 5.1

Tabel 5.1. Nilai kerusakan *endmill*

No Spesimen	Sudut Lokasi Kontak Awal	Kecepatan Putar (rpm)	Nilai Kerusakan <i>Flank Wear</i> (mm)	Nilai Kerusakan <i>Cutting Edge wear</i> (mm)
1	25°	350	0.74534	0.1494
2	25°	550	0.95342	0.16787
3	25°	930	1.02733	0.22338
4	35°	350	0.84004	0.151
5	35°	550	0.95604	0.18999
6	35°	930	1.41001	0.24338
7	45°	350	0.85572	0.15228
8	45°	550	1.01049	0.20402
9	45°	930	1.58419	0.3288

Dari tabel 5.1 tersebut dapat terlihat pada sudut lokasi kontak awal yang sama peningkatan nilai *flank wear* yang terjadi lebih besar pada tiap-tiap perubahan nilai kecepatan putar, berbeda dibandingkan dengan pengaruh variasi sudut kontak awal yang berbeda dengan kecepatan putar yang sama perubahan nilai kerusakan yang terjadi tidak begitu besar hal ini dapat dilihat melalui tabel 5.2.

Tabel 5.2. Nilai Kerusakan *endmill*

No Spesimen	Kecepatan Putar (rpm)	Sudut Lokasi Kontak Awal	Nilai Kerusakan <i>Flank Wear</i> (mm)	Nilai Kerusakan <i>Cutting Edge wear</i> (mm)
1	350	25°	0.74534	0.1494
4	350	35°	0.84004	0.151
7	350	45°	0.85572	0.15228
2	550	25°	0.95342	0.16787
5	550	35°	0.95604	0.18999
8	550	45°	1.01049	0.20402
3	930	25°	1.02733	0.22338
6	930	35°	1.41001	0.24338
9	930	45°	1.58419	0.3288

Apabila mengacu pada penelitian-penelitian yang relevan, data penelitian yang diperoleh sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan. Wijanarko (2012: 11) dalam penelitiannya menyatakan bahwa variasi putaran mesin atau ( $n$ ) mempunyai pengaruh positif terhadap keausan pahat, dapat dikatakan bahwa semakin besar putaran mesin maka semakin besar pula nilai keausan pahat yang terjadi. Sedangkan dilihat dari variasi sudut kontak awal pengaruh kerusakan pisau *endmill* tidak terlalu besar dibandingkan dengan variasi putaran spindle, hal ini dikarenakan karena pemberian chamfer pada lokasi kontak awal dapat mengurangi beban *impact* pada saat mata potong *endmill* mulai menyayat benda kerja, Zoref (1964: 159) menyatakan bahwa kerusakan pahat potong karena beban *impact* dan perubahan temperatur saat pahat potong memasuki benda kerja, hal ini juga sesuai dengan penelitian relevan yang

telah dilakukan, menurut Mawardi (2012: 8) meniruskan (*chafer*) sudut benda di lokasi kontak awal adalah satu metode untuk mencegah kegagalan pahat potong di lokasi kontak awal.

Dari hasil penelitian tersebut apabila mengacu pada batas toleransi menurut ASM *Metal Handbook Vol 16* untuk nilai *flank wear* pisau *endmill* HSS pada proses *face milling* yang masih diijinkan untuk digunakan yaitu maksimum sebesar 1,5 mm, Allen (1995:97). Maka dari data hasil penelitian yang telah dilakukan spesimen 1-8 masih layak untuk digunakan sesuai dengan standar ASM, seperti yang di tampilkan pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Kelayakan pakai *endmill* hasil penelitian

No Spesimen	Sudut Lokasi Kontak Awal	Kecepatan Putar (rpm)	Nilai Kerusakan <i>Flank Wear</i> (mm)	Kelayakkan pakai <i>endmill</i> sesuai standar ASM untuk proses <i>facemilling</i> dengan material pisau HSS*
1	25°	350	0.74534	Layak Pakai
2	35°	350	0.84004	Layak Pakai
3	45°	350	0.85572	Layak Pakai
4	25°	550	0.95342	Layak Pakai
5	35°	550	0.95604	Layak Pakai
6	45°	550	1.01049	Layak Pakai
7	25°	930	1.02733	Layak Pakai
8	35°	930	1.41001	Layak Pakai
9	45°	930	1.58419	Tidak Layak Pakai

\*nilai *flank wear* maksimum yang diijinkan sebesar 1,5 mm

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data peneliti dapat mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan putar *spindle* berpengaruh terhadap tingkat kerusakan pisau *endmill* pada proses pemesinan, semakin besar nilai kecepatan putar *spindle* maka semakin besar nilai kerusakan pada pisau *endmill*
2. Sudut lokasi kontak awal berpengaruh terhadap tingkat kerusakan pisau *endmill* pada proses pemesinan, semakin Sudut lokasi kontak awal maka semakin besar nilai kerusakan pada pisau *endmill*
3. *Flank wear* dan *cutting edge wear* terkecil dihasilkan pada proses penyayatan pada kecepatan putar 350 rpm dengan sudut lokasi kontak awal  $25^{\circ}$

#### B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka peneliti dapat memberikan saran guna penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya variasi variabel yang digunakan perlu dibuat lebih banyak agar data yang didapatkan lebih akurat
2. Pada proses pemesinan menggunakan pisau *endmill*  $\varnothing$  10 mm dengan kecepatan pemakanan 70 mm/menit dan kedalaman pemakanan 0,5 mm untuk mendapatkan kerusakan pisau *endmill* paling kecil disarankan menggunakan kecepatan putar 350 rpm dengan sudut kontak awal  $25^{\circ}$

## Daftar Pustaka

- Abidin, Zaenal. 2010. Mekanisme Keausan Pahat Pada Proses Pemesinan. Politeknik Negeri Semarang
- Bawanto, S. 2011. *Mesin Untuk Operasi Dasar*. Yogyakarta : PT Pustaka Insan Madani.
- Belau, Peter J. 1997. Fifty Years of Research On The Wears of Metals. *Tribology International*. Vol 30 No 6 Hal: 321
- Child, Thomas, dkk. 2000. *Metal Machining Theory And Application*. Amerika : John Wiley & Sons Inc.
- Dolinšek, S. dan Kopač, J. 2006, *Mechanism and Types of Tool Wear; Particularities in Advance Cutting Materials*. *Journal of Achievements in Material and Manufacturing Engineering Volume 19*. University of Ljubljana Slovenia.
- Kendall, L. Allen. 1995. *Tool Wear and Tool Life*. *ASM Handbook Machining Volume 16*.
- Nugroho, Tri Ujan. 2012. Pengaruh Kecepatan Pemakanan dan Waktu Pemberian Pendingin Terhadap Tingkat Keausan *Cutter End Mill* HSS Hasil Pemesinan *CNC Milling*. Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Mawardi, dkk. 2012. Pengaruh Loasi Kontak Awal Terhadap Kerusakan Pahat Potong Pada Proses Face Milling. Vol 1 No 1. Agustus, Jurusan Teknik Mesin Universitas Syah Kuala.
- Rochim, Taufiq. 1993. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Lab. Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung
- Saito S. dan Surdia T. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. (3rd ed.). Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sarjito. 2012. Analisa Pengaruh Metode Pendingin Terhadap Keausan Pahat *High Speed Steel* (HSS) Pada Proses *End Milling*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Sucahyo, Bagyo. 1999. *Ilmu Logam*. Solo: PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Suharto. 1995. *Teori Bahan dan Pengaturan Teknik*. Jakarta : PT Rineka Cipta

- Sumbodo, Wirawan. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri untuk SMK Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Wijanarko, Bambang. 2012. Studi Eksperimental Terjadinya Keausan Pahat Pada Proses Pemotongan *End Milling* Pada Lingkungan Cairan Pendingin. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta



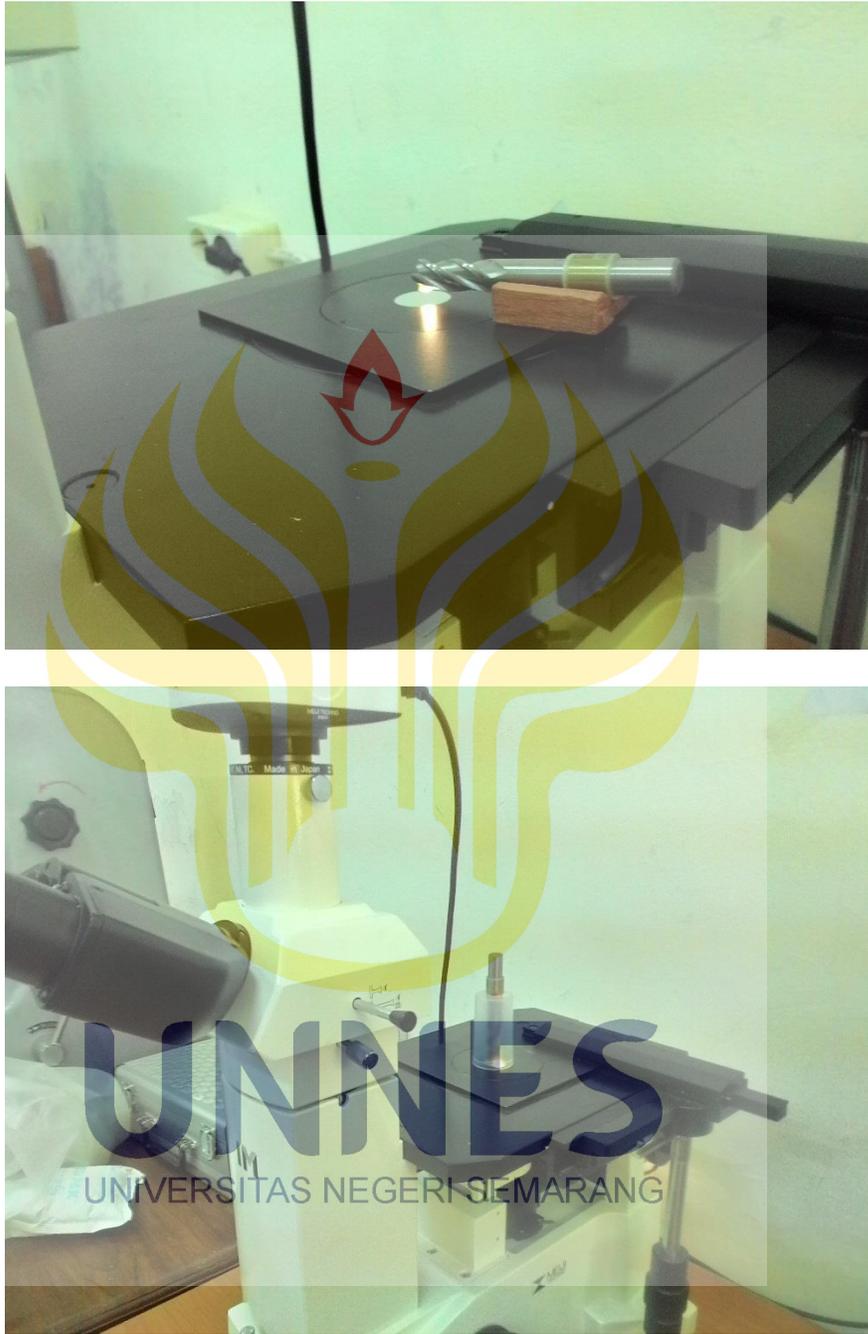
**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

### Lampran 1 Dokumentasi Penelitian



Gambar proses pemesinan menggunakan mesin frais konvensional



Gambar uji foto makro

## Lampiran 2 Laporan Uji Komposisi



DINAS PERINDUSTRIAN DAN PERDAGANGAN  
KABUPATEN TEGAL  
**UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN**  
Komplek LIK Takaru  
Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437  
Email : uptd\_lab@yahoo.com

### LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA

Laporan No. : 10/2016.211/S/208      Benda Uji : ST 40  
Pemakai Jasa : Isa Ismail (NIM. 5201412054)      Suhu : 25°C  
Alamat : Fak. Teknik Jurusan Teknik Mesin      Standar Uji : IK/UPTD-LAB/5.4-22  
Universitas Negeri Semarang  
Tgl. Terima : 31 Oktober 2016      Mesin uji : Spectrotest TXC03  
Tgl. Pengujian : 31 Oktober 2016      Halaman : 1 dari 1

#### HASIL UJI :

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result
	N1	N2	
Si	1,01	1,01	1,01
Fe	94,28	94,28	94,28
Cu	0,30	0,31	0,31
Mg	0,01	0,01	0,01
Mn	0,87	0,89	0,88
Cr	3,25	3,25	3,25
Ni	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00
Ti	0,02	0,01	0,01
Ag	0,00	0,00	0,00
B	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00
Be	0,00	0,00	0,00
Bi	0,01	0,01	0,01
C	0,22	0,22	0,22
Cd	0,00	0,00	0,00
Ce	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00
Ga	0,01	0,01	0,01
In	0,00	0,00	0,00
La	0,00	0,00	0,00
Li	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00
Sn	0,01	0,01	0,01
Sr	0,00	0,00	0,00
V	0,01	0,01	0,01
Zr	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00



#### PERHATIAN :

1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak diperkenankan menggandakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Lab Perindustrian Disperindag Kabupaten Tegal