



**PENGARUH *FEEDING* PADA PROSES *SURFACE*  
*GRINDING* TERHADAP KEKASARAN DAN  
KEKERASAN PERMUKAAN BAJA EMS 45 PASCA  
*DIQUENCHING* MENGGUNAKAN AIR DROMUS**

**SKRIPSI**

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**Oleh**

**Bagas Wijayanto**

**NIM.5201412079**

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

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

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Pengaruh *Feeding* Pada Proses *Surface Grinding* Terhadap Kekasaran Dan Kekerasan Permukaan Baja EMS 45 Pasca *Diquenching* Menggunakan Air Dromus telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 20 bulan April tahun 2017.

Oleh

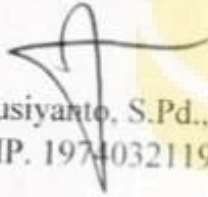
Nama : Bagas Wijayanto

NIM : 5201412079

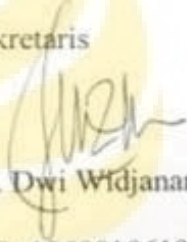
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

IPanitia:


Ketua Panitia

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

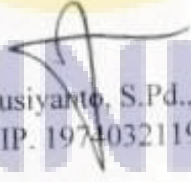
Sekretaris

  
Dr. Dwi Wfdjanarko, S.Pd., S.T., M.T.  
NIP. 196901061994031003


Penguji 1

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

Penguji 2/Pembimbing 1

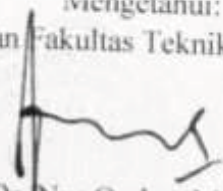
  
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Penguji 3/Pembimbing 2

  
Dr. Rahmat Doni, S.T., M.T.  
NIP. 197509272006041002

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui:  
Dekan Fakultas Teknik UNNES

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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Bagas Wijayanto

NIM : 5201412079

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1

Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Pengaruh *Feeding* Pada Proses *Surface Grinding* Terhadap Kekasaran Dan Kekerasan Permukaan Baja EMS 45 Pasca *Diquenching* Menggunakan Air Dromus**” 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, 21 APRIL 2017

Yang membuat pernyataan



Bagas Wijayanto

NIM. 5201412079

## ABSTRAK

**Bagas Wijayanto. 2017.** “Pengaruh *Feeding* Pada Proses *Surface Grinding* Terhadap Kekasaran Dan Kekerasan Permukaan Baja EMS 45 Pasca *Diquenching* Menggunakan Air Dromus”. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Rusiyanto, S. Pd., M. T., dan Dr. Rahmat Doni Widodo, S. T., M. T.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi *feeding* pada proses *surface grinding* terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan baja karbon EMS 45 yang sudah *diquenching* dan yang tidak *diquenching*.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental berupa pemberian variasi *feeding* pada proses *surface grinding*. Banyaknya variasi yang diberikan adalah 0,25 mm/rev, 0,5 mm/rev, 0,75 mm/rev, 1 mm/rev, spesimen *quenching* dan spesimen *non quenching*. Hasil pengujian berupa nilai kekasaran dan nilai kekerasan pada *raw* spesimen, spesimen *quenching* dan spesimen *non quenching*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perubahan nilai kekasaran dan nilai kekerasan permukaan pada proses *surface grinding*. Nilai kekasaran menurun  $\pm 2$  kali lipat dari rata-rata spesimen *raw* 2,82  $\mu\text{m}$  menjadi 1,10  $\mu\text{m}$  setelah *digrinding*. Hal ini menunjukkan terdapat pengaruh antara proses *surface grinding* terhadap nilai kekasaran permukaan. Adapun terdapat pengaruh antara *quenching* terhadap kekerasan permukaan. Dilihat dari nilai kekerasan yang meningkat  $\pm 1,5$  kali lipat dari rata-rata spesimen *raw* 202 HV menjadi rata-rata 380 HV setelah *diquenching* dan *digrinding*.

Kata kunci: kekerasan, kekasaran, *surface grinding*, *quenching*, baja EMS 45



## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

1. *Where there is a will there is a way.*
2. Percayalah, sesungguhnya sesudah kesulitan pasti ada kemudahan.
3. Barang siapa keluar rumah untuk belajar satu bab dari ilmu pengetahuan, maka ia telah berjalan *fisabilillah* sampai ia kembali ke rumahnya.
4. Kebahagiaan orang-orang tercinta adalah motivasi terbesarku.

### PERSEMBAHAN

1. Allah SWT, rasa syukur atas segala rahmat, karunia dan hidayahNya.
2. Bapak dan ibu tercinta, terimakasih untuk curahan kasih sayang dan doanya.
3. Kakek, Nenek, Lala dan Tyas terimakasih atas doa dan dukungannya.
4. Kampus Unnes Jurusan Teknik Mesin yang sangat luar biasa.



UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “PENGARUH *FEEDING* PADA PROSES *SURFACE GRINDING* TERHADAP KEKASARAN DAN KEKERASAN PERMUKAAN BAJA EMS 45 PASCA *DIQUENCHING* MENGGUNAKAN AIR DROMUS” dalam rangka menyelesaikan studi strata satu untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, motivasi dan bantuan semua pihak. Oleh karena itu dengan rendah hati disampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, antara lain:

1. Dr. Nur Qudus, M. T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S. Pd., M. T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Dr. Rahmat Doni Widodo, S. T., M. T., sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Dr. Wirawan Sumbodo, M.T., sebagai penguji yang telah memberikan, arahan, motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Semua pihak yang telah memberikan motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis telah berusaha menyelesaikan skripsi ini dengan semaksimal mungkin, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang

membangun dalam perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan dunia pendidikan pada khususnya.

Semarang, 21 APRIL 2017



Penulis

BAGAS WIJAYANTO



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1. 1 Latar Belakang Masalah.....	1
1. 2 Identifikasi Masalah.....	2
1. 3 Pembatasan Masalah .....	3
1. 4 Rumusan Masalah .....	4
1. 5 Tujuan .....	4
1. 6 Manfaat .....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2. 1 Kajian Teori	
2. 1. 1 <i>Surface Grinding</i> .....	6



2. 1. 2 <i>Feeding</i> .....	11
2. 1. 3 Baja Karbon EMS 45 .....	14
2. 1. 4 Kekerasan Permukaan.....	16
2. 1. 5 <i>Quenching</i> .....	20
2. 1. 6 Kekasaran Permukaan.....	25
2. 1. 7 Pengujian Struktur Mikro.....	30
2. 2 Kajian Penelitian yang Relevan .....	32
2. 3 Kerangka Pikir Penelitian .....	35
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3. 1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	
3. 1. 1 Waktu Penelitian .....	37
3. 1. 2 Tempat Penelitian .....	37
3. 2 Desain Penelitian.....	38
3. 3 Alat dan Bahan Penelitian	
3. 3. 1 Alat Penelitian.....	38
3. 3. 2 Bahan Penelitian .....	41
3. 4 Parameter Penelitian	
3. 4. 1 Variabel Independen .....	42
3. 4. 2 Variabel Dependen.....	42
3. 5 Teknik Pengumpulan Data	
3. 5. 1 Dokumentasi .....	42
3. 5. 2 Uji Laboratorium.....	42
3. 5. 3 Diagram Alir Penelitian .....	43

3. 6 Teknik Analisis Data.....	48
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	
4. 1 Hasil Penelitian	
4. 1. 1 Hasil Uji Kekasaran Sebelum Surface Grinding.....	49
4. 1. 2 Hasil Uji Kekasaran Setelah Surface Grinding.....	49
4. 1. 3 Hasil Uji Kekerasan Mikro Vickers Sebelum Surface Grinding	51
4. 1. 4 Hasil Uji Kekerasan Setelah Surface Grinding.....	52
4. 1. 5 Hasil Uji Foto Struktur Mikro.....	54
4. 2 Pembahasan.....	59
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5. 1 Simpulan .....	62
5. 2 Saran.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>64</b>
Lampiran	



## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
C	= rumus kimia karbon
Si	= rumus kimia silikon
Fe	= rumus kimia ferum (besi)
Mn	= rumus kimia magnesium
m	= miligram
mm	= mili meter
rev	= revolusi
Ls	= kecepatan gerak meja (mm/menit)
Nw	= Kecepatan putar benda kerja (rpm)
S	= kecepatan potong setiap putaran benda kerja (mm/rev)
$\mu\text{m}$	= mikro meter
Kg	= kilogram
%	= prosentase
P	= <i>Posphor</i>
Cr	= <i>Crhom</i>
Ni	= <i>Nikel</i>
P	= beban yang diberikan (kgf)
in	= <i>inchi</i>
$^{\circ}\text{C}$	= derajat <i>celcius</i>
$\theta$	= sudut antara permukaan

- D = diameter (mm)
- N = kehalusan
- t = kedalaman jejak (mm)
- F0 = Beban minor (Kgf)
- F1 = Beban mayor (Kgf)
- F = total beban (kgf)
- L = panjang diagonal rata-rata(mm)

**Singkatan**

**Arti**

- CBN = *Cubic Boron Nitride*
- BHN = *Brinell Hardness Number*
- VHN = *Vickers Hardness Number*
- HB = *Hardness Brinell*
- HR = *Hardness Rockwell*
- HV = *Hardness Vickers*
- ST = *Stainless Steel*
- AISI = *The American Iron & Steel Institute*
- SAE = *Society of Automotive Engineers*
- IUPAC= *International Union of Pure and Applied Chemistry*
- Rpm = *Rotation per Minute*
- Cs = *Cutting Speed*
- ppm = *Part per million*
- SI = Satuan Internasional

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Variabel <i>Feeding</i> Dengan Sudut Mayor (Farizi et al., 2011: 4).....	12
Tabel 2. 2 <i>Cutting Speed</i> Berdasarkan Jenis Material (Miftakhuddin, 2006: 39) 13	
Tabel 2. 3. Sayatan Per Milimeter Sesuai Jenis Material.....	13
Tabel 2. 4. Hasil Pengujian Tarik EMS 45 .....	15
Tabel 2. 5. Komposisi Baja Karbon EMS 45 (PT. Bhineka Bajas, 2014).....	15
Tabel 2. 6. Angka Kekasaran Menurut ISO atau DIN 4763: 1981 (Atedi dan Agustono, 2005: 3) .....	29
Tabel 2. 7. Pekerjaan Akhir Proses Permesinan dan Kekasaran Permukaan Ra Menurut Standar DIN 4768 (Atedi dan Agustono, 2005: 4).....	29
Tabel 3. 1. Desain Penelitian .....	38
Tabel 3. 2. Data Uji Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Sebelum Digerinda .....	45
Tabel 3. 3 . Uji Kekasaran Setelah Digerinda.....	47
Tabel 3. 4. Uji Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Setelah Digerinda.....	48
Tabel 4. 1. Hasil Uji Kekasaran Sebelum <i>Surface Grinding</i> .....	49
Tabel 4. 2. Hasil Uji Kekasaran Setelah <i>Surface Grinding</i> .....	50
Tabel 4.3. Hasil Uji Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Sebelum <i>Surface Grinding</i> .....	52
Tabel 4.4. Hasil Uji Kekerasan Setelah <i>Surface Grinding</i> .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Proses <i>Surface Grinding</i> .....	6
Gambar 2. 2. Mesin Gerinda Datar Manual (Hadi dan Tatang, 2013: 26).....	7
Gambar 2. 3. Mesin Gerinda Datar Semi Otomatis (Hadi dan Tatang, 2013: 27).	8
Gambar 2. 4. Mesin Gerinda Datar Otomatis (Hadi dan Tatang, 2013: 28) .....	9
Gambar 2. 5. Mesin Gerinda atar CNC (Hadi dan Tatang, 2013: 29).....	10
Gambar 2. 6. Foto Mikro Kandungan Karbon Pada Baja. ....	14
Gambar 2. 7. Grafik Tegangan Spesimen EMS 45 (Miftakhuddin, 2006: 40).. ..	15
Gambar 2. 8. Pengujian <i>Brinell</i> . ....	17
Gambar 2. 9. Pengujian <i>Rockwell</i> .....	18
Gambar 2. 10. Pengujian <i>Vickers</i> .....	19
Gambar 2. 11. Diagram fasa baja karbon John,1983 (Sumaraw, 2010: 67) .....	21
Gambar 2. 12. Struktur <i>Martensite</i> Baja Setelah <i>Quenching</i> Dengan <i>Temperature Austenisasi</i> Yang Berbeda.....	22
Gambar 2. 13. Posisi Profil Referensi, Profil Tengah, dan Profil Alas ` Terhadap Profil Terukur, Untuk Satu Panjang Sampel (Atedi UNNES UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG dan Agustono,2005: 2).....	27
Gambar 2. 14. Hasil Etsa Foto Mikro .....	31
Gambar 2. 15. Hubungan <i>Feeding</i> dan <i>Depth Of Cut</i> Terhadap Kekasaran Permukaan Baja C30 .....	33
Gambar 3. 1. Mesin Surface Grinding Otomatis.....	39
Gambar 3. 2. Alat Uji Kekasaran Mitutoyo Surftest 301 .....	39

Gambar 3. 3. Alat Uji Vickers.....	40
Gambar 3. 4. Alat Penguji Mikro Struktur.....	40
Gambar 3. 5. Spesimen.....	41
Gambar 3. 6. Air Dromus.....	41
Gambar 3. 7. Diagram Alir Penelitian.....	43
Gambar 4. 1. Grafik Hasil Uji Kekasaran Setelah <i>Surface Grinding</i> .....	51
Gambar 4. 2. Grafik Hasil Uji kekerasan Setelah <i>Surface Grinding</i> . ....	53
Gambar 4. 3. Foto Mikro Spesimen <i>Raw</i> .....	54
Gambar 4.4. Foto Struktur Mikro Spesimen <i>Non Quenching</i> tanpa etsa (A). Spesimen 0,25, (B). Spesimen 0,5, (C). Spesimen 0,75, (D). Spesimen 1 .....	55
Gambar 4.5. Foto Struktur Mikro Spesimen etsa <i>Non Quenching</i> (A). Spesimen 0,25, (B). Spesimen 0,5, (C). Spesimen 0,75, (D). Spesimen 1 .....	56
Gambar 4.6. Foto Struktur Mikro Spesimen <i>Quenching</i> tanpa etsa (A). Spesimen 0,25, (B). Spesimen 0,5, (C). Spesimen 0,75, (D). Spesimen 1 .....	57
Gambar 4.7. Foto Struktur Mikro Spesimen etsa <i>Quenching</i> (A). Spesimen 0,25, (B). Spesimen 0,5, (C). Spesimen 0,75, (D). Spesimen 1 .....	58
Gambar 4. 8. Grafik Kekerasan Struktur Mikro Spesimen <i>Non Quenching</i> .....	59
Gambar 4. 9. Grafik Kekerasan Struktur Mikro Spesimen <i>Quenching</i> .....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Usulan Pembimbing .....	64
Lampiran 2. Surat Tugas .....	65
Lampiran 3. Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana .....	66
Lampiran 4. Surat Ijin Penelitian .....	67
Lampiran 5. Sertifikat Baja EMS 45 .....	68
Lampiran 6. Raw Spesimen .....	69
Lampiran 7. Spesimen Sebelum Disurface Grinding .....	70
Lampiran 8. Spesimen Setelah Disurface Grinding .....	71
Lampiran 9. Spesimen Setelah Dietsa .....	72





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan Logam dalam perkembangan teknologi dan industri sebagai salah satu material penunjang sangat besar perannya. Baja karbon EMS 45 merupakan salah satu jenis logam yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari khususnya pada bidang teknologi dan industri. Banyak sekali industri dalam bidang manufaktur menggunakan baja karbon sebagai material, baik untuk komponen pada mesin produksi, maupun pada bahan manufaktur yang diproduksi. Baja karbon EMS 45 memiliki tingkat kekerasan menengah karena termasuk dalam jenis baja karbon sedang.

Dalam dunia permesinan penggunaan baja karbon EMS 45 tidak jauh dari sifat fisiknya yang sangat keras dan tahan aus. Baja EMS 45 dapat diaplikasikan pada, roda gigi, pisau pahat, rel kereta, poros dan lain-lain. Untuk meningkatkan sifat fisiknya baja karbon biasanya di padukan dengan logam-logam lain, seperti pada baja EMS 45 yang paduannya terdiri dari 0,48 % C, 0,3 % Si, 0,7 % Mn. Selain dipadukan baja karbon juga dapat *diquencing* untuk meningkatkan kekerasannya. Material baja EMS 45 yang telah melewati proses *quenching* pasti mikrostruktur permukaannya berubah (Harnowo, 2015). Untuk mendapatkan permukaan yang halus maka harus melalui proses penggerindaan.

Mesin gerinda ada beberapa macam, yaitu mesin gerinda alat, mesin gerinda bangku, mesin gerinda datar atau permukaan dan mesin gerinda *cylinder*.

Proses penggerindaan untuk permukaan dinamakan proses *surface grinding*. Proses *surface grinding* ini menentukan kekasaran permukaan suatu benda hingga (n) tertentu (Mahendra, 2010). Baja karbon EMS 45 yang sudah di*quenching* kemudian dilanjutkan pada proses *surface grinding*, supaya kekasaran baja karbon mencapai kekasaran tertentu. Proses tadi akan menghasilkan kriteria kekerasan baja karbon EMS 45 dan kekasaran permukaan di dapat, Seperti contohnya pada landasan kepala lepas mesin bubut yang berbahan dasar baja karbon sedang, tingkat kekerasan yang tinggi dan permukaan yang halus mencegah terjadinya aus dari gesekan.

Tetapi fokus masalah yang ingin dipelajari dalam penelitian ini adalah pengaruh *feeding* pada proses *surface grinding* baja karbon EMS 45 yang sudah di*quenching* dan yang tidak di*quenching*. Hasil dari proses tersebut kemudian masuk ke tahap uji kekasaran dan uji kekerasan untuk mengetahui hasil akhir kekerasan dan kekasaran baja karbon EMS 45.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Baja karbon sedang merupakan bahan logam yang sering dijumpai di dunia industri permesinan dan otomotif, salah satu contohnya adalah baja karbon sedang (EMS 45). Baja karbon yang bersinggungan langsung dengan komponen lain atau bergesekan harus memiliki kekerasan dan kekasaran, untuk menghindari dari aus dan kerusakan komponen (Gapsari et al., 2012).

Kekerasan baja karbon EMS 45 dapat di tingkatkan melalui proses *quenching*. Hasil kekerasan baja karbon EMS 45 yang melalui proses *quenching*

mempunyai kekerasan yang berbeda, tergantung dengan suhu komponen, kecepatan proses yang dilakukan dan cairan *quenching* yang digunakan. Contoh cairan *quenching* yang sering digunakan adalah air dromus, oli *quenching*, air garam dan lain lain.

Baja karbon EMS 45 yang telah melewati proses *quenching* maka struktur kekasaran permukaannya pasti berubah (Harnowo, 2015). Kekasaran permukaan baja karbon EMS 45 didapat melalui proses penggrindaan, mesin gerinda yang digunakan untuk permukaan adalah mesing gerinda permukaan (*surface grinding*). Tingkat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh laju pemakanan (*feeding*) dan cairan pendingin (*cutting fluid*) yang digunakan. Dengan demikian didapatkan baja karbon EMS 45 yang memiliki kriteria permukaan yang halus dan kekerasan yang tinggi. Permukaan yang halus dan memiliki kekerasan yang tinggi mempengaruhi usia dari suatu komponen mesin, semakin halus dan semakin keras maka semakin lama usia suatu komponen tersebut.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sifat fisis dan mekanis pada baja karbon. Dalam penelitian ini akan dibatasi tentang variasi *feeding* dan bahan yang digunakan, adapun batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja karbon sedang EMS 45 yang di*quenching* menggunakan air dromus.
2. Variasi *feeding* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: 0,25 mm/rev, 0,5 mm/rev, 0,75 mm/rev dan 1mm/rev.

3. Kedalaman pemakanan yang digerinda adalah 0,2 mm.
4. Kecepatan putaran mesin adalah 3000 Rpm.
5. Mesin gerinda yang digunakan adalah mesin *surface grinding* otomatis.
6. Batu gerinda yang digunakan adalah jenis *Cubic Boron Nitride (CBN)*.
7. Alat uji kekasaran permukaan yang digunakan adalah Mitutoyo Surftest 301
8. Alat uji kekerasan yang digunakan adalah uji mikro vickers.
9. Pengujian struktur mikro.
10. Hasil penelitian berupa analisis struktur mikro hasil *surface grinding* baja karbon yang sudah *diquenching* dan yang tidak *diquenching*.
11. Penelitian ini tidak mencakup proses detail *machining* baja karbon.

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh *feeding* pada proses *surface grinding* baja karbon EMS 45 yang sudah *diquenching* terhadap kekasaran dan kekerasan.
2. Bagaimana pengaruh *feeding* pada proses *surface grinding* baja karbon EMS 45 yang tidak *diquenching* terhadap kekasaran dan kekerasan.

#### 1.5 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh:

1. *Feeding* terhadap kekasaran dan kekerasan pada proses *surface grinding* baja karbon EMS 45 yang sudah *diquenching*.

2. *Feeding* terhadap kekasaran dan kekerasan pada proses *surface grinding* baja karbon EMS 45 yang tidak *diquenching*.

### 1.6 Manfaat

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu teknologi serta pendidikan secara luas.
2. Sebagai data acuan dasar pada saat akan melakukan proses *surface grinding* terutama pada material baja EMS 45 yang *diquenching*.
3. Sebagai perbandingan bagi instansi atau perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur, permesinan dan otomotif.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan dan memperkaya hasil penelitian yang telah ada.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2. 1. Kajian Teori

##### 2. 1. 1 *Surface Grinding*

*Surface grinding* adalah salah satu proses *finishing* atau akhir pada proses *machining* dengan tujuan untuk mendapatkan tingkat kekasaran benda kerja sesuai toleransi yang ditetapkan dengan menggunakan mesin gerinda. Proses terjadinya *grinding* dimana terdapat material bersifat *abrasive grinder* berputar dan mengikis sebagian kecil permukaan benda kerja untuk menghilangkan serpihan logam dan menghaluskannya.



Gambar 2. 1. Proses *Surface Grinding*

Beberapa alasan penggunaan metode *grinding* :

1. Benda kerja yang sudah memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Biasanya benda kerja tersebut telah mengalami proses *Heat Treatment* (perlakuan panas khusus) untuk mendapatkan tingkat kekerasan tertentu.
2. Proses *grinding* dapat mencapai toleransi  $\pm 0,0025$  mm ( $\pm 0,0001$  in), dimana toleransi tersebut sangat sulit dicapai dengan proses *machining Surface*

3. *Grinding* dapat mencapai tingkat yang sangat presisi yang tinggi. Benda kerja dapat di perketat tingkat toleransinya sampai dengan *plus* atau *minus* 0,002 mm dari ukuran diameter benda kerja, bahkan lebih. Bagi mereka yang masih memiliki cara pengukuran dalam satuan *inci*, hal tersebut pasti sangat mengesankan, karena toleransi yang dapat dicapai adalah plus atau minus sepuluh seperseribu *inci* - sekitar 1/30 dari diameter rambut manusia.

Mesin gerinda permukaan berdasarkan prinsip kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Mesin Gerinda Datar Manual

Mesin gerinda datar manual adalah salah satu jenis mesin gerinda datar yang pelayanan pengoperasiaannya dilakukan secara manual. Pengertiaannya adalah dalam menggerakkan/mengatur meja untuk setting dan pemakanan arah memanjang maupun melintang termasuk mengatur posisi *spindel* roda gerinda harus dilakukan secara manual, karena mesin gerinda datar jenis ini hanya difasilitasi pengopersiannya melalui *system* mekanik.



Gambar 2. 2. Mesin Gerinda Datar Manual (Hadi dan Tatang, 2013: 26)

b. Mesin Gerinda Datar Semi Otomatis

Mesin gerinda datar semi otomatis, adalah salah satu jenis mesin gerinda datar yang pelayanan pengoperasiannya dilakukan secara semi otomatis. Pengertiannya adalah dalam menggerakkan/mengatur meja arah memanjang dapat dilakukan secara otomatis (tidak termasuk gerakan melintang dan *spindel* mesin), karena mesin gerinda datar jenis ini sudah difasilitasi pengopersiannya melalui gabungan *system* mekanik dan *hidrolik*. Namun demikian apabila menginginkan menggerakkan/mengatur meja arah memanjang secara manual, mesin gerinda datar jenis ini masih tetap dapat digunakan dengan pengoperasian secara manual.



Gambar 2. 3. Mesin Gerinda Datar Semi Otomatis (Hadi dan Tatang, 2013: 27)

c. Mesin Gerinda Datar Otomatis

Mesin gerinda datar otomatis, adalah adalah salah satu jenis mesin gerinda datar yang pelayanan pengoperasiannya dapat dilakukan secara otomatis.



Pengertiannya adalah dalam menggerakkan/mengatur meja arah memanjang maupun melintang termasuk mengatur posisi *spindel* roda gerinda dapat dilakukan secara otomatis, karena mesin gerinda datar jenis ini sudah difasilitasi pengopersiannya melalui *system* mekanik dan *hidrolik* secara lengkap. Namun demikian apabila menginginkan penggunaan secara manual, mesin gerinda datar jenis ini masih tetap dapat digunakan dengan pengoperasian secara manual.



Gambar 2. 4. Mesin Gerinda Datar Otomatis (Hadi dan Tatang, 2013: 28)

d. Mesin Gerinda Datar CNC

Mesin gerinda datar *computer numerical control*, adalah salah satu jenis mesin gerinda datar yang pelayanan pengoperasiannya dapat dilakukan melalui komando atau perintah berupa kode-kode dan angka yang sudah distandarkan. Pengertiannya adalah dalam menggerakkan/mengatur meja arah memanjang

maupun melintang termasuk mengatur posisi *spindel* roda gerinda dan besar pemakanan dapat dilakukan secara otomatis melalui pemrograman dari komputer, karena mesin gerinda datar jenis ini sudah difasilitasi pengopersiaannya melalui *system* komputerisasi. Mesin gerinda datar jenis ini dapat menghasilkan produk penggerindaan yang kepresisiannya sangat tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan jenis mesin gerinda datar lainnya, karena semua pengendalian pengoperasiaannya dapat dikontrol melalui program dari komputer.



Gambar 2. 5. Mesin Gerinda Datar CNC (Hadi dan Tatang, 2013: 29)

Dalam proses *finishing* menggunakan mesin gerinda banyak parameter yang mempengaruhi hasil akhir dari proses *surface grinding*, beberapa contohnya yakni: *feeding*, jenis batu gerinda yang digunakan, material yang digunakan, putaran mesin, cairan pendingin, kedalaman potong, dan lain lain.

### 2. 1. 2 *Feeding*

*Feeding* merupakan salah satu proses dalam dunia permesinan, khususnya dalam jenis mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin gerinda, mesin frais dan mesin skrap. Dalam pengerjaannya mesin perkakas bergantung pada *feeding* atau pemakanan yang dihasilkan. *Feed* dapat dinyatakan sebagai rasio gerak benda kerja terhadap gerak putar pisau atau batu gerinda dari mesin perkakas. Pisau dari mesin bubut dan mesin *skrap* sama jenisnya yakni pisau pahat, kemudian untuk mesin *frais* menggunakan pisau berjenis mata bor atau juga dengan mengkanibalkan pisau pahat menjadi pisau *frais*, sedangkan untuk mesin gerinda menggunakan batu gerinda sebagai pemakannya. Dalam menentukan *feed*, kita harus memperhatikan faktor yang mempengaruhi nilai *feed* yaitu, jenis *cutter*, kedalaman pemotongan (*depth of cut*), kualitas permukaan yang dihasilkan, dan performa mesin.

Kedalaman pemotongan sangat menentukan kekasaran permukaan material yang dipotong. Untuk memperoleh permukaan potong yang halus direkomendasikan menggunakan pemakanan yang kecil supaya kedalaman potong harus diturunkan. Sebaliknya jika kedalaman potong ditambah maka kekasaran permukaan jadi berkurang, biasanya pemakanan ini dinamakan pemakanan kasar dan dilakukan pada awal proses hingga ukuran tertentu, kemudian di lanjutkan pada tahap pemakanan halus atau *finishing*.

*Feeding* juga harus memperhatikan jenis *cutter* yang digunakan, bagaimana dimensi *cutter*, dan material *cutter* harus disesuaikan dengan material yang akan dipotong. Besarnya nilai *feeding* juga harus memperhitungkan

performa mesin. Secara *universal* cara Menghitung kecepatan gerak meja (*feeding*) pada mesin gerinda dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ls = nw \times s$$

Dimana:

$Ls$  = kec. gerak meja (mm/mnt)

$Nw$  = kec. putar benda kerja (rpm)

$S$  = kec. pemotongan setiap putaran benda kerja (mm/putaran).

Tabel 2. 1. Variabel *Feeding* Dengan Sudut Mayor (Farizi et al., 2011: 4)

VARIABEL		Sudut Potong Mayor (°)								Jumlah Total		
		80°	rata-rata	75°	rata-rata	70°	rata-rata	65°	rata-rata			
Feeding (mm/rev)	0.05	0,62	0,67	0,64	0,69	0,70	0,75	0,75	0,84			
		0,65		0,68		0,74		0,85				
		0,74		0,75		0,82		0,91				
	Jumlah	2,01		2,07		2,26		2,51			8,85	
	0.10	0,75	0,85	0,79	0,90	0,89	0,97	1,39	1,51			
		0,81		0,89		0,99		1,52				
		0,99		1,01		1,04		1,63				
	Jumlah	2,55		2,69		2,92		4,54				12,70
	0.15	0,89	0,94	1,21	1,26	1,81	1,84	2,16	2,53			
		0,92		1,27		1,84		2,32				
		1,02		1,29		1,87		3,10				
	Jumlah	2,83		3,77		5,52		7,58				
Jumlah Total	7,39		8,53		10,70		14,63		41,25			

Tabel 2. 2. *Cutting Speed* Berdasarkan Jenis Material

Material	Teg. Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	CS (m/mnt)	Material	Teg. Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	CS (m/mnt)
<b>Plain carbon steel</b>			<b>Spring Steel (JIS Grade)</b>		
ST37 / MS	37	32	SUP4, 6, 7, 9, 10, 11	125	13
1030 / S30C	48	32	SUS 302, 304, 316 WPA	170	5
1035 / S35C	52	25	SUS 302, 304, WPB	210	5
1040 / S40C	55	25	SUS 631J1 WPC	200	5
1045 / S45C / EMS45 / 1730	58	25	<b>Stainless Steel</b>		10-25
1050 / S50C / ST60	62	25	304, 304L, 316, 316L	70	18
1055 / S55C	66	25	410, 416	77	18
<b>Alloy Steel (JIS Grade)</b>			420, 420F	84	18
SNC2, 3, 21	95	18	440C, 440F	91	18
SNC22	100	13	<b>Copper</b>		70
SNCM1, 2, 22	90	18	<b>Lead Bronze</b>		50-70
SNCM7, 8, 23, 25	100	13	<b>Phospor Bronze</b>		40-50
SCr3, 4, 21, 22	90	18	<b>Pure Aluminum</b>		200-300
SCr5	100	13	<b>Aluminum Alloy</b>		70-120
SCM2, 3, 21, 22	90	18	<b>Cast Iron</b>		
SCM4, 5, 23	100	13	GG20		25
<b>Tool Steel (AISI Grade)</b>			GG25		18
W Series	70	18	GG30, 35, 40		18
O Series	135	5	GG45, 50		13
D Series	140	5	GG55, 60		5
A Series	140	5			
H Series	140	5			
L Series	100	13			
P Series	100	13			
S Series	130	5			
HSS T Series	150	5			
HSS M Series	140	5			

Tabel 2. 3. Sayatan Per Milimeter Sesuai Jenis Material

Material	End mill Face Cutting Depth Max 6 mm			Shell End Mill Face Mill	Form Cutter	Slotting & Side Mill
	< 12	12-25	>25			
Diameter (mm)				>40	-	-
<b>Plain carbon steel</b>	0.025	0.075	0.1	0.1-0.3	0.125	0.05-0.2
<b>Alloy Steel</b>	0.025	0.05	0.075	0.1-0.3	0.1	0.05-0.2
<b>Tool Steel CS 18-25 m/mnt</b>	0.025	0.05	0.05	0.075-0.25	0.1	0.05-0.15
<b>Tool Steel CS 05-17 m/mnt</b>	0.025	0.05	0.05	0.075-0.2	0.075	0.05-0.125
<b>Spring Steel</b>	0.025	0.05	0.05	0.075-0.2	0.075	0.05-0.125
<b>Stainless Steel</b>						
304, 304L, 316, 316L	0.025	0.05	0.075	0.125-0.2	0.1	0.05-0.175
410, 416	0.025	0.05	0.075	0.1-0.15	0.1	0.05-0.175
420, 420F	0.025	0.05	0.05	0.075-0.5	0.075	0.05-0.175
440C, 440F	0.013	0.05	0.05	0.05-0.15	0.075	0.05-0.125
<b>Copper</b>	0.05	0.1	0.125	0.1-0.5	0.1	0.05-0.25
<b>Lead Bronze</b>	0.05	0.1	0.125	0.1-0.5	0.1	0.05-0.25
<b>Phospor Bronze</b>	0.05	0.075	0.1	0.075-0.3	0.1	0.05-0.2
<b>Pure Aluminum</b>	0.075	0.1	0.125	0.125-0.5	0.125	0.1-0.3
<b>Aluminum Alloy</b>	0.05	0.075	0.1	0.125-0.5	0.1	0.1-0.3
<b>Cast Iron</b>						
GG20, 25	0.025	0.075	0.1	0.125-0.4	0.125	0.05-0.25
GG30, 35, 40, 45, 50	0.025	0.05	0.075	0.1-0.3	0.1	0.05-0.2
GG55, 60	0.025	0.05	0.05	0.05-0.2	0.075	0.05-0.125

Proses *feeding* akan lebih sempurna jika dalam pengerjaanya memperhatikan material yang digunakan, Seperti contohnya menggunakan material baja karbon EMS 45 maka dalam variasi *feeding*nya disesuaikan dengan *plain carbon steel* seperti Tabel 2. 3, karena baja karbon EMS 45 termasuk ke dalam jenis material *plain carbon steel*.

### 2. 1. 3 Baja Karbon EMS 45

Baja merupakan logam paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe), karbon (C) dan unsur lainnya, Yang dimaksud dengan baja karbon adalah baja yang hanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) saja tanpa adanya bahan pemuat dan unsur lain yang kadang terdapat pada baja karbon seperti Si, Mn, P, dan lain lain. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Secara garis besar baja dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan.

Baja karbon terbagi menjadi tiga macam yaitu: baja karbon rendah ( $<0,25\%C$ ), baja karbon sedang ( $0,25\%C - 0,55\%C$ ), baja karbon tinggi ( $>0,55\%C$ ). Penggunaan dari masing masing baja karbon berbeda-beda berdasarkan kandungan karbon pada baja tersebut.

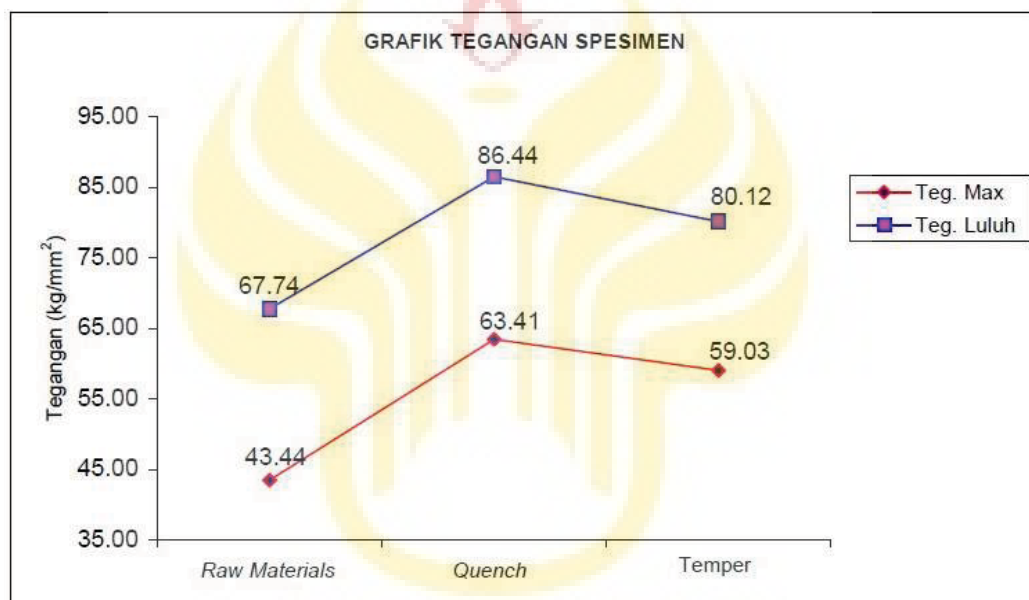


Gambar 2. 6. Foto Mikro Kandungan Karbon Pada Baja.



Tabel 2. 4. Hasil Pengujian Tarik EMS 45 (Miftakhuddin, 2006: 39)

Spesimen	Teg. Max (kg/mm <sup>2</sup> )	Teg. Luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Reduksi Penampang (%)
<i>Raw materials</i>	67,74	43,44	12,38%	46,74%
<i>Quench</i>	86,44	63,41	10,87%	38,67%
<i>Temper</i>	80,12	59,03	14,50%	42,27%



Gambar 2. 7. Grafik Tegangan Spesimen EMS 45 (Miftakhuddin, 2006: 40)

Berdasarkan pada hasil pengujian kekuatan tarik yang digambarkan dalam grafik tegangan di atas menunjukkan kekuatan tarik material baja EMS 45 sebesar 67,74 kg/mm<sup>2</sup>. Spesimen *quench* mempunyai tegangan maksimum sebesar 86,44 kg/mm<sup>2</sup> atau mengalami kenaikan sebesar 27,61 % terhadap *raw materials*.

Tabel 2. 5. Komposisi Baja Karbon EMS 45 (PT. Bhineka Bajas, 2014)

Komposisi	C	SI	MN	P	S	CR	Ni
Kadar	0,43	0,24	0,68	0,018	0,023	0,35	0,08

Banyak parameter yang mempengaruhi usia suatu material seperti, kualitas dari material itu sendiri, proses *machining*, permukaan yang halus untuk mengurangi terjadinya abrasi, proses *heatreatment* sehingga permukaan material menjadi keras, dan lain lain.

#### 2. 1. 4 Kekerasan Permukaan

Kekerasan permukaan merupakan sifat fisik suatu material pada bagian permukaan dan merupakan salah satu indikator suatu material. Fasa pada baja yang berperan terhadap kekerasan permukaan adalah fasa martensit, yang bisa didapat dari proses *quenching*. Material yang memiliki kekerasan tinggi biasanya digunakan untuk menjadi bahan dasar suatu pisau pahat, pegas, dan lain lain. Kekerasan suatu permukaan juga dapat mempengaruhi usia material itu sendiri, sehingga bisa tahan terhadap gesekan dengan material lain. Kekerasan permukaan bisa diukur dengan 4 metode yakni:

##### 1. Pengujian *Brinell*

Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam menggunakan indenter. Indenter untuk *brinell* berbentuk bola dengan diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2,5mm, dan diameter 1mm, itu semua adalah diameter bola standar internasional. Kelebihan metoda *brinell* sangat dianjurkan untuk material-material atau bahan-bahan uji yang bersifat heterogen. Kekurangan metoda *brinell* butuh ketelitian saat mengukur diameter lekukan hasil indentasi lama, sekali pengujian bisa menyita waktu hingga 5 menit, belum termasuk persiapan dan perhitungannya. Rumus penghitungan pengujian metoda *brinell*:

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{P}{\pi D t}$$



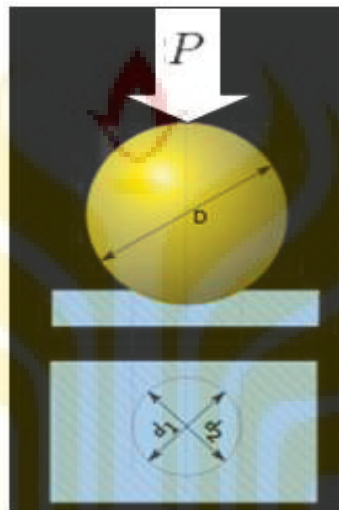
Dimana: BHN = *Brinell Hardness Number* (HB)

P= Beban yang diberikan (kgf)

D= Diameter indentor (mm)

d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi (mm)

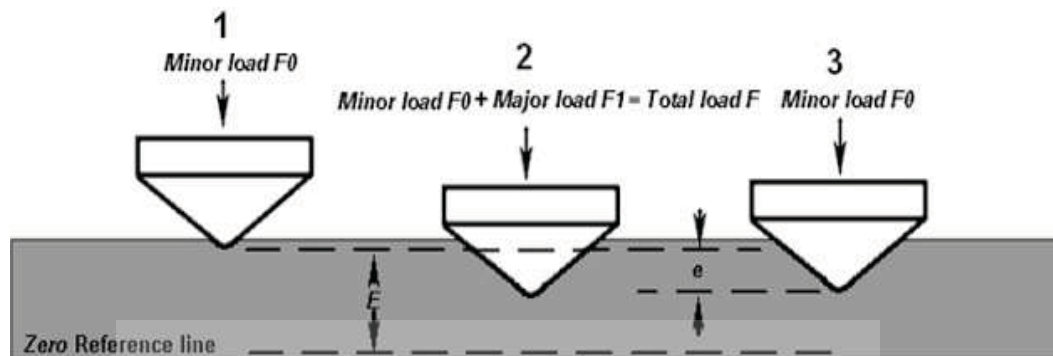
t = kedalaman jejak (mm)



Gambar 2. 8. Pengujian *Brinell*

## 2. Pengujian *Rockwell*

Pengujian *rockwell* menggunakan indentor bola baja diameter standar (diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2,5mm, dan diameter 1mm) dan indentor kerucut intan. pengujian ini tidak membutuhkan kemampuan khusus karena hasil pengukuran dapat terbaca langsung. Pengujian ini menggunakan 2 beban, yaitu beban *minor/minor load* ( $F_0$ ) = 10 kgf dan beban *mayor/mayor load* ( $F_1$ ) = 60kgf sampai dengan 150kgf tergantung material yang akan di uji dan tergantung menu *rockwell* yang dipilih.



Gambar 2. 9. Pengujian *Rockwell*

Rumus penghitungan pengujian metoda *Rockwell*:  $HR = E - e$

Dimana :

$F_0$  = Beban *Minor*(*Minor Load*) (kgf)

$F_1$  = Beban *Mayor*(*Major Load*) (kgf)

$F$  = Total beban (kgf)

$e$  = Jarak antara kondisi 1 dan kondisi 3 yang dibagi dengan 0.002 mm

$E$  = Jarak antara indenter saat diberi *minor load* dan *zero reference line* untuk tiap jenis indenter berbeda-beda yang bias dilihat pada Gambar 2. 9

HR = Besarnya nilai kekerasan dengan metode *hardness*

### 3. Pengujian *Shore/Ekuotip*

Pengujian *shore/ekuotip* menggunakan metode pemantulan, semakin tinggi pantulan maka semakin keras material yang kita uji. pengujian ini menggunakan media peluru pantul. Jarak indentasi dari tepi benda uji harus minimal 2,5 kali diameter indenter, jarak antar indentasi minimal 3 kali diameter lekukan. Material yang telah di indentasi maka akan mengalami proses pengerasan lokal, yaitu proses pengerasan di sekitar indentasi. Apabila jarak antar

indentasi terlalu dekat di khawatirkan hasil pengujian kurang akurat karena ada proses penambahan kekerasan lokal tersebut.

#### 4. Pengujian *Vickers*

Uji *vickers* dikenal juga sebagai *Diamond Pyramid Hardness test* (DPH).

Uji kekerasan *vickers* menggunakan indenter piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat. Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg). Rumus penghitungan pengujian metode *vickers*:

$$\text{VHN} = \frac{2P \sin(\theta/2)}{L^2} = \frac{1,854 \times P}{d^2}$$

Dimana: VHN = *Vickers Hardness Number* (HV)

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi (mm)

L = Panjang diagonal rata-rata (mm)

$\theta$  = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan =  $136^\circ$



Gambar 2. 10. Pengujian *Vickers*

Kelebihan metoda *vickers*: dianjurkan untuk pengujian material yang sudah di proses case hardening, dan proses pelapisan dengan logam lain yang

lebih keras, tidak merusak karena hasil indentasi sangat kecil, dan biasanya bahan uji bisa dipakai kembali. Kekurangan metoda *vickers*: Butuh ketelitian saat mengukur diameter lekukan hasil indentasi, Lama sekali pengujian bisa menyita waktu hingga 5 menit, belum termasuk persiapan dan perhitungannya.

Pengukuran dengan metode-metode seperti di atas digunakan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan permukaan suatu material. Kekerasan material bisa ditingkatkan guna menambah fungsi kekerasan suatu material. Kekerasan material bisa didapat dari perlakuan panas seperti *heat treatment* atau *quenching*.

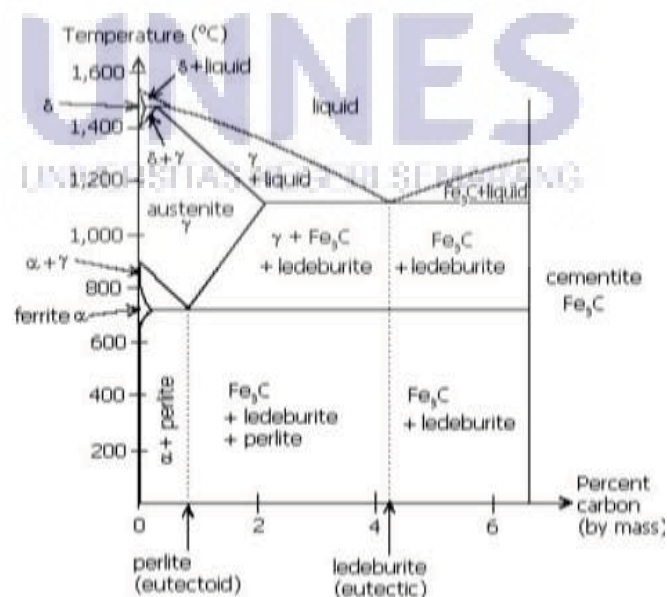
### **2.1.5 Quenching**

*Quenching* ialah perlakuan panas terhadap baja dengan suhu tinggi, lalu baja dengan suhu tinggi ini langsung didinginkan secara drastis. Maksud dan tujuan proses *quenching* adalah untuk meningkatkan kekerasan alami pada baja. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan dan pendinginan secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Sifat akhir yang dimiliki oleh suatu produk yang dihasilkan dari proses perlakuan panas *quenching* akan ditentukan oleh siklus pemanasan yang dialaminya.

Salah satu variabel yang mempengaruhi sifat akhir produk tersebut adalah temperatur *quenching*. Untuk logam baja, temperatur pemanasan atau *quenching* disebut dengan temperatur *austenisasi*. Temperatur dimana fasa logam baja berubah dan stabil menjadi fasa *austenit*. Pada temperatur ini terjadi perubahan fasa dari fasa *ferrit* dan *pearlite* menjadi fasa *austenite*. Perlakuan panas

*quenching* ini menghasilkan suatu produk yang memiliki kekerasan sangat tinggi, dan karenanya sering disebut sebagai proses pengerasan, atau *hardening*.

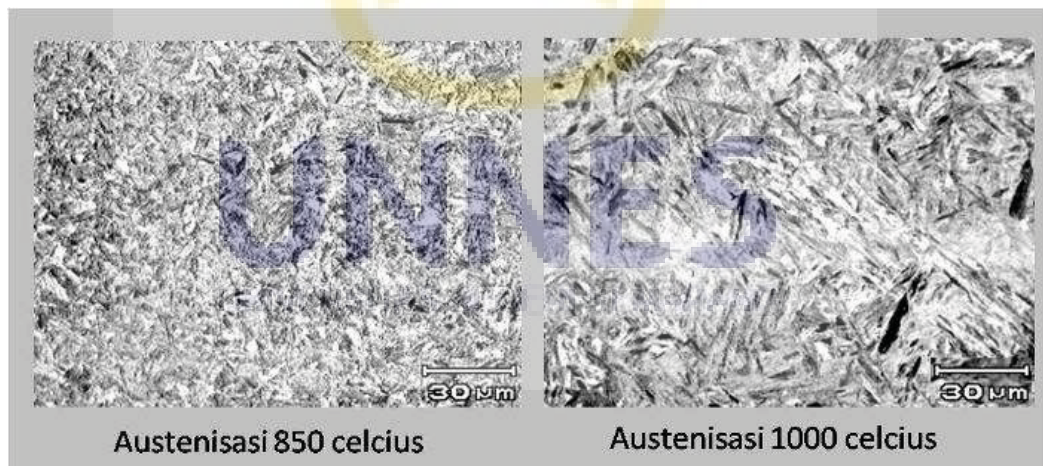
Nilai kekerasan yang dimiliki oleh produk *quenching* ini dipengaruhi oleh temperatur pemanasannya. Pengaruh temperatur *austenisasi* terhadap kekerasan baja yang mengandung karbon 0,3% setelah *quenching*. Baja dengan kandungan karbon 0,3% yang dipanaskan pada temperatur yang lebih tinggi, maka setelah *quenching* akan memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Proses *quenching* diperoleh dengan melakukan pendinginan dari temperatur *austenite* ke temperatur kamar dengan laju pendinginan yang sangat cepat. Umumnya pendinginan dilakukan dengan media air atau oli. Pada saat Pendinginan ini akan terjadi transformasi fasa atau perubahan fasa yaitu *konversi austenite* menjadi struktur martensit. *Martensit* memiliki kekerasan yang tinggi. Nilai kekerasan ini tergantung pada banyak variabel, baik variabel bahan bajanya yaitu komposisi kimia, atau proses laku panasnya seperti temperatur pemanasan, laju pendinginan, waktu penahanan, atau *holding time*.



Gambar 2. 11. Diagram fasa baja karbon John,1983 (Sumaraw, 2010: 67)

Variabel-variabel tersebut akan berpengaruh terhadap struktur mikro akhir dari produknya. Pada temperatur *austenisasi* yang lebih tinggi butir-butir *austenit* akan tumbuh membesar. Pada butiran *austenit* yang lebih besar, luas batas butir atau jumlah titik sebagai tempat pengintian untuk terjadinya dekomposisi fasa *austenit* menjadi *pearlit* semakin rendah. Dekomposisi dan pertumbuhan perlit akan menjadi terhambat, hal ini akan memudahkan *transformasi austenit* menjadi *martensit*, dengan membesarnya butiran *austenit*, maka baja akan mempunyai kemampuan kekerasan yang lebih tinggi. Artinya *austenite* akan lebih mudah terdekomposisi menjadi *martensit* pada *austenite* yang berukuran besar.

Struktur *Martensit* yang terbentuk dari temperatur pemanasan yang lebih tinggi akan memiliki kerapatan dislokasi yang tinggi. Baja yang mengalami pendinginan yang cepat dengan temperatur pemanasan yang lebih tinggi akan memiliki fasa *martensit* dengan kekerasan yang tinggi pula.



Gambar 2. 12. Struktur *Martensite* Baja Setelah *Quenching* Dengan *Temperature Austenisasi* Yang Berbeda

Media untuk *quenching* ada berbagai macam maksud dan tujuan masing-masing, berikut beberapa contoh media *quenching* yang sering digunakan:

### 1. Air Garam

Air garam memiliki *viskositas* yang rendah sehingga nilai kekentalan cairan kurang, sehingga laju pendinginan cepat dan massa jenisnya lebih besar dibandingkan dengan media pendingin lainnya seperti air, solar, oli, udara, sehingga kecepatan media pendingin besar dan makin cepat laju pendinginannya.

### 2. Solar

Solar memiliki *viskositas* yang tinggi dibandingkan dengan air dan massa jenisnya lebih rendah dibandingkan air sehingga laju pendinginannya lebih lambat.

### 3. Oli

Oli memiliki nilai *viskositas* atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat.

### 4. Udara

Udara tidak memiliki *viskositas* tetapi hanya memiliki massa jenis sehingga laju pendinginannya sangat lambat.

### 5. Air

Air memiliki massa jenis yang besar tapi lebih kecil dari air garam, kekentalannya rendah sama dengan air garam. Laju pendinginannya lebih lambat dari air garam. Air menghasilkan tingkat pendinginan mendekati tingkat maksimum. Keunggulan air sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau bahaya kesehatan. Air juga efektif dalam menghilangkan *scaling* dari permukaan bagian baja yang



*diquenching*. Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media quenching karena tidak mengakibatkan distorsi berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam *nonferrous*, baja tahan karat austenitik, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas.

Air sebagai media pendingin memiliki dua kelemahan. Kelemahan pertama yaitu tingkat pendinginan yang cepat pada suhu yang lebih rendah dimana distorsi dan retak lebih mungkin terjadi sehingga pendinginan air biasanya terbatas pada pendinginan sederhana. Kelemahan kedua menggunakan air biasa adalah menimbulkan lapisan/selimut uap sehingga dapat menyebabkan jebakan uap yang dapat menghasilkan kekerasan yang tidak rata dan distribusi tegangan yang tidak menguntungkan, menyebabkan distorsi atau bintik lembut.

Pendinginan dengan air pada produk baja juga dapat menyebabkan karat sehingga penanganan harus cepat. Umumnya, air akan memberikan kecepatan pendinginan seragam jika dipertahankan pada suhu 15 sampai 25° C (55-75° F) dan menghasilkan kecepatan lebih besar dari 0,25 m/s (50 ft/min). Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi laju pendinginan media pendingin:

a. *Densitas*.

Semakin tinggi densitas suatu media pendingin, maka semakin cepat proses pendinginan oleh media pendingin tersebut.

b. *Viskositas*.

Semakin tinggi *viskositas* suatu media pendingin, maka laju pendinginan semakin lambat. *Viskositas* adalah sebuah ukuran penolakan sebuah fluida terhadap perubahan bentuk di bawah tekanan *shear*. Biasanya diterima sebagai



kekentalan atau penolakan terhadap penuangan. *Viskositas* menggambarkan penolakan dalam fluida kepada aliran dan dapat dipikir sebagai sebuah cara untuk mengukur gesekan fluida. Sebagai contoh air memiliki *viskositas* rendah, sedangkan minyak sayur memiliki *viskositas* tinggi.

Hasil akhir material yang melewati perlakuan panas seperti *quenching* pasti memiliki perubahan struktur permukaan dari permukaan sebelum *diquenching*. Maka untuk mendapatkan permukaan yang sesuai perlu dilakukan suatu proses berlebih. Sebagai contoh untuk mendapatkan permukaan yang halus dari material yang sudah *diquenching* maka perlu dilakukan *finishing*. Material yang sudah di *finishing* pasti memiliki kekasaran permukaan yang kecil, sehingga bisa tahan terhadap gesekan antara material.

#### **2. 1. 6 Kekasaran Permukaan**

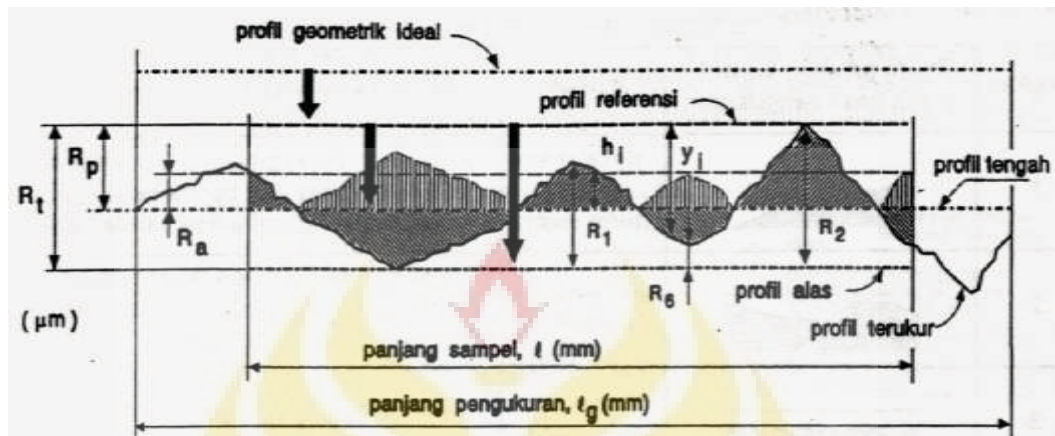
Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Oleh karena itu, untuk memperoleh produk bermutu berupa tingkat kepresisian yang tinggi serta kekasaran permukaan yang baik, perlu didukung oleh proses pemesinan yang tepat. Untuk memperoleh profil suatu permukaan, digunakan suatu alat ukur yang disebut *surface tester*. Dimana jarum peraba (*Stylus*) dari alat ukur bergerak mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan disebut panjang pengukuran sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti, maka secara *elektronis* alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang diperoleh dari jarum peraba.

Bagian dari panjang ukuran dilakukan analisa dari profil permukaan yang disebut sebagai panjang sampel.

Pertumbuhan keausan batu gerinda adalah salah satu permasalahan, ditandai dengan adanya penurunan kekasaran permukaan hasil proses pemesinan yang semakin kasar. Hal tersebut terjadi karena permukaan batu gerinda yang kontak langsung dengan benda kerja telah mengalami *deformasi*. Pada praktiknya untuk mengetahui kekasaran permukaan biasanya operator membandingkannya secara *visual* atau dengan perabaan. Akan tetapi untuk hal khusus dimana tidak dapat dilakukan dengan perabaan/secara *visual*, maka diperlukan alat ukur kekasaran permukaan untuk menentukan harga kekasarannya. Dimana yang dimaksud dengan permukaan di sini adalah batas yang memisahkan benda padat dengan sekelilingnya.

Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin/peralatan. Banyak hal dimana karakteristik permukaan perlu dinyatakan dengan jelas misalnya dalam kaitannya dengan gesekan, keausan, pelumasan, tahanan kelelahan, perekatan dua atau lebih komponen-komponen mesin dan sebagainya. Untuk memproduksi profil suatu permukaan, *sensor/peraba (stylus)* alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran atau *traversinglength*. Sesaat setelah jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran

dimana dilakukan analisis profil permukaan disebut dengan panjang sampel *sampling length*.



Gambar 2. 13. Posisi Profil Referensi, Profil Tengah, Dan Profil Alas Terhadap Profil Terukur, Untuk Satu Panjang Sampel (Atedi dan Agustono, 2005: 2)

Keterangan:

1. Profil *geometrik* ideal adalah profil permukaan sempurna.
2. Profil terukur adalah profil permukaan terukur.
3. Profil referensi/acuan/puncak adalah profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisis ketidak teraturan *konfigurasi* permukaan. Profil ini dapat berupa garis lurus atau garis dengan bentuk sesuai dengan profil *geometrik* ideal, serta menyinggung puncak tertinggi profil terukur dari panjang sampel.
4. Profil alas adalah profil referensi yang digeserkan ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil *geometrik* ideal) supaya menyinggung titik terendah profil terukur.
5. Profil tengah adalah nama yang diberikan kepada profil referensi yang digeserkan ke bawah (tegak lurus terhadap profil *geometrik* ideal), supaya jumlah luas bagi daerah-daerah di atas profil tengah sampai ke profil terukur

adalah sama dengan jumlah luas daerah-daerah di bawah profil tengah sampai ke profil terukur (daerah-daerah yang diarsir dengan kemiringan garis yang berbeda).

Berdasarkan profil-profil tersebut, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, yaitu antara lain :

1. Kedalaman total (*peak to valley height/total height*),  $R_t$  ( $\mu\text{m}$ ); adalah jarak antara profil referensi dan referensi dasar.
2. Kedalaman perataan (*depth of surface smoothness/peak to mean line*),  $R_p$  ( $\mu\text{m}$ ); adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil tengah.
3. Kekasaran rata-rata aritmetis (*mean roughness index/center line average, CLA*),  $R_a$  ( $\mu\text{m}$ ); adalah harga rata-rata *aritmetis* dari harga *absolutnya* jarak antara profil terukur dengan profil tengah.
4. Kekasaran rata-rata *kwadratis* (*root mean square height*),  $R_g$  ( $\mu\text{m}$ ); adalah akar dari jarak kwadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

Dari bermacam-macam parameter permukaan tersebut, parameter  $R_a$  relatif lebih banyak digunakan untuk mengidentifikasi. Parameter  $R_a$  cocok apabila digunakan untuk memeriksa kualitas permukaan komponen mesin yang dihasilkan dalam jumlah yang banyak dengan menggunakan suatu proses pemesinan tertentu. Hal ini dikarenakan harga  $R_a$  lebih *sensitif* terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. Dengan demikian, jika permukaan produk dimonitor dengan menggunakan  $R_a$  maka tindakan pencegahan permukaan dapat dilakukan jika ada tanda-tanda bahwa



Material yang telah melewati proses permesinan pasti memiliki struktur permukaan yang berbeda dengan material pada awal mulanya. Begitu juga dengan material yang telah melewati proses finishing guna mendapatkan kekasaran ( $n$ ) tertentu pasti juga memiliki struktur permukaan yang berbeda dari sebelumnya pada saat proses permesinan. Konversin nilai kekasaran tidak bisa menggambarkan secara jelas bagaimana struktur permukaan suatu material, untuk mengetahui struktur permukaan suatu material, maka digunakanlah pengujian struktur mikro dan struktur mikro.

### **2. 1. 7 Pengujian Struktur Mikro**

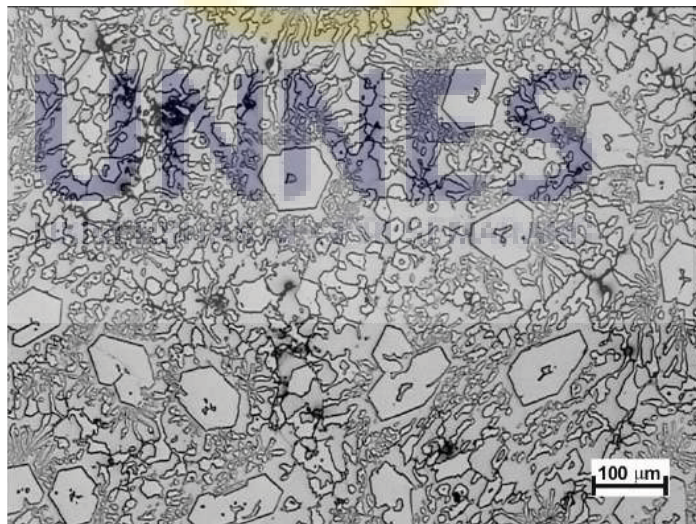
Pemeriksaan Mikro (*Macroscopic Examination*) yang dimaksud dengan pemeriksaan mikro adalah pemeriksaan permukaan bahan dengan menggunakan lensa yang mempunyai *zoom* 10x atau lebih. Kegunaannya untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya. Angka pembesaran pemeriksaan mikro antara 10 kali sampai 200 kali.. Ukuran dari setiap material yang akan di periksa mikro harus disesuaikan dengan alat periksa mikro.

Suatu logam mempunyai sifat mekanik yang tidak hanya tergantung pada komposisi kimia suatu paduan, tetapi juga tergantung pada struktur mikro dan makronya. Suatu paduan dengan komposisi kimia yang sama dapat memiliki struktur mikro dan makro yang berbeda, dan sifat mekaniknya pun akan berbeda. Ini tergantung pada proses pengerjaan dan proses laku-panas yang diterima



selama proses pengerjaan pengamatan struktur mikro. Dalam hal ini benda kerja kita foto mikro, hal ini bertujuan untuk menganalisa bentuk permukaan dari pengujian tersebut, adapun langkah-langkah dalam foto mikro adalah sebagai berikut :

- a. Meletakkan spesimen pada landasan mikroskop optik, aktifkan mesin, dekatkan lensa pembesar untuk melihat permukaan spesimen. Pengambilan foto struktur mikro dengan perbesaran untuk hasil patahan uji tarik 9x. Lihatlah struktur mikro apabila kurang jelas atau kabur, fokuskan lensa agar terlihat dengan jelas.
- b. Sebelum gambar diambil, film dipasang pada kamera yang telah disetel sedemikian rupa dengan menggunakan film asa 200. Usahakan pada saat pengambilan foto tidak ada hal apapun yang membuat mikroskop optik bergerak, karena apabila mikroskop optik bergerak akan mempengaruhi hasilnya.



Gambar 2. 14. Hasil Etsa Foto Mikro

## 2.2 Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian tentang variasi *feeding* pada proses surface grinding terhadap kekerasan dan kekasaran telah banyak dilakukan peneliti terdahulu. Adapun penelitian tersebut diantaranya adalah:

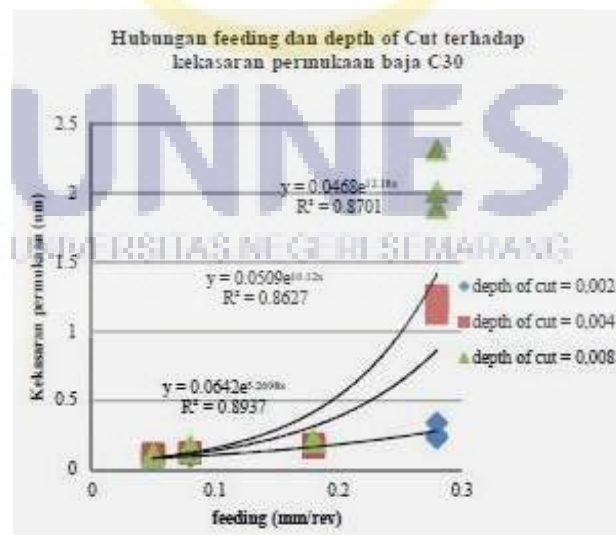
(Yusuf, 2011: 8-9) telah melakukan penelitian tentang kekasaran permukaan akibat variasi parameter pada proses gerinda silindris. Kualitas permukaan yang kasar dari suatu komponen dapat diperhalus, salah satunya adalah dengan menggunakan proses gerinda. Proses pemesinan gerinda merupakan proses pemesinan yang dilaksanakan dengan pahat yang berupa batu gerinda berbentuk piringan. Pada proses gerinda silindris terjadi penyimpangan yang pada kenyataannya tidak bisa dihindari. Parameter potong merupakan salah satu penyebab terjadinya penyimpangan pada saat proses berlangsung yang nantinya akan berpengaruh pada kekasaran permukaan suatu benda kerja. Analisis regresi digunakan untuk mengetahui pengaruh parameter potong terhadap kekasaran permukaan. Parameter yang dipakai adalah kecepatan gerak meja ( $v_f$ ), kedalaman pemakanan ( $a_e$ ), dan jumlah putaran benda kerja ( $n$ ).

Dari penelitian didapatkan nilai kekasaran terendah terjadi pada  $V_f=15$  mm/s,  $a_e=0,02$  mm,  $n=200$  rpm dengan nilai kekasaran permukaan sebesar  $0,90$   $\mu\text{m}$ . Pada persamaan regresi kedalaman pemakanan mempunyai pengaruh terbesar. Hal ini dipengaruhi oleh gaya pemakanan dan panas yang ditimbulkan oleh gesekan antara batu gerinda dan benda kerja. Gaya pemakanan mempunyai pengaruh terhadap *spindle* (poros) batu gerinda. Dengan adanya gaya pemakanan, maka seolah-olah poros batu gerinda memperoleh gaya tekan keatas yang



berlawanan terhadap gaya pemakanan yang menyebabkan terjadinya getaran dalam poros batu gerinda dan mengakibatkan kekasaran permukaan terhadap benda kerja.

(Suparno dan Wahyudianto, 2012: 1-3) telah melakukan penelitian tentang pengaruh *feeding* dan *depth of cut* pada proses *surface grinding* terhadap kekasaran permukaan baja c30. Produk berkualitas diperoleh dari adanya proses pemesinan yang baik. Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Untuk itu perlu dilakukan percobaan untuk menganalisa pengaruh *feeding* dan *depth of cut* pada proses pemotongan terhadap kekesaran permukaan baja C30, Percobaan dilakukan berdasarkan disain eksperimen dan analisis regresi. Dari analisa tersebut diperoleh bahwa *Feeding* dan *depth of cut* mempengaruhi kekasaran permukaan baja C30 dengan bentuk hubungan *exponensial* serta besar hubungan diatas 80 %.



Gambar 2. 15. Hubungan *Feeding* dan *Depth of Cut* Terhadap Kekasaran Permukaan Baja C30

Dalam Gambar terlihat bahwa bentuk hubungan *feeding* terhadap kekasaran permukaan baja C30 untuk berbagai variasi *depth of cut* adalah *exponensial*, yaitu :

1. Untuk variasi *feeding* dan *depth of cut* 0,002 :

$$y = 0,064e^{5,269x}$$

$$R^2 = 0,893$$

2. Untuk variasi *feeding* dan *depth of cut* 0,004 :

$$y = 0,050e^{10,12x}$$

$$R^2 = 0,862$$

3. Untuk variasi *feeding* dan *depth of cut* 0,008 :

$$y = 0,046e^{12,18x}$$

$$R^2 = 0,870$$

Semakin besar *feeding* dan *depth of cut*, maka kekasaran permukaan semakin besar. Karena semakin besar *feeding* geram makan batu gerinda terhadap benda kerja semakin besar sehingga membutuhkan energi yang semakin besar hal ini akan menyebabkan kekasaran permukaan baja C30 semakin besar. Nilai *feeding* 0,05 – 0,08 untuk berbagai *depth of cut* nilai kekasaran permukaan cenderung sama, akan tetapi *feeding* diatas 0,08 untuk berbagai *depth of cut* nilai kekasaranya cenderung berbeda secara signifikan.

Dari Gambar 2. 15 juga terlihat bahwa semakin besar *depth of cut* (kedalaman pemotongan), maka nilai kekasaran permukaan semakin besar untuk berbagai *feeding*. Hal ini disebabkan dengan semakin besarnya kedalaman pemotongan energi yang diperlukan semakin besar. Demikian halnya, geram yang

dihasilkan cenderung membesar sehingga nilai kekasarannya akan membesar. Selanjutnya, dari Gambar 2. 15 terlihat juga bahwa besar hubungan *feeding* terhadap kekasaran permukaan baja C30 untuk berbagai variasi *depth of cut* adalah diatas 60 %. Hal ini berarti bahwa hipotesa alternative terbukti. Dapat ditarik kesimpulan bahwa *feeding* dan *depth of cut* mempengaruhi nilai kekasaran permukaan baja C30.

### 2.3 Kerangka Pikir Penelitian

Kekasaran permukaan pada suatu benda menentukan fungsi dari benda itu sendiri. Terbagi menjadi dua jenis permukaan yang biasa digunakan, yakni permukaan yang kasar dan permukaan yang halus. Untuk permukaan yang kasar dalam proses pembuatannya tidak terlalu sulit karena tidak memerlukan proses *finishing* mencapai kekasaran tertentu (n). Namun untuk permukaan yang halus harus melewati proses *finishing* hingga mencapai kekasaran tertentu (n). Permukaan benda yang kasar dan yang halus juga mempengaruhi ketahanan dari benda itu sendiri. Semakin halus permukaan semakin maka semakin kuat juga ketahanannya. Pemilihan material juga mempengaruhi ketahanan dan fungsi suatu benda. Untuk material baja karbon sudah tidak diragukan lagi dalam sifat ketahanannya, karena baja karbon memiliki sifat yang keras dan tahan aus.

Baja karbon juga bisa dioptimalisasi lagi untuk sifat fisis dan mekanisnya. Melalui proses permesinan seperti variasi antara *feeding* dan putaran mesin misalnya. Baja karbon yang sudah di proses permesinan yang sesuai maka sifat fisis dan mekanisnya juga akan berubah. Material yang sudah di proses permesinan untuk kemudian di proses *quenching* untuk meningkatkan lagi sifat

keras dari baja karbon tersebut. Untuk pengaplikasian baja karbon yang sudah *diquenching* bisa disesuaikan dari kualitas permukaannya. Permukaan yang tidak membutuhkan kekasaran tertentu ( $n$ ) dapat langsung di aplikasikan pada rel kereta api misalnya dan yang mempunyai permukaan halus bisa diaplikasikan pada jalur kepala lepas pada mesin bubut.

Untuk komponen yang rumit seperti pada alat alat berat yang mengharuskan memiliki kriteria yang keras dan permukaan yang halus, maka membutuhkan beberapa proses. Baja karbon yang sudah di *machining* dan *diquenching* sedemikian rupa supaya memiliki karakter yang keras dan halus akan di finishing melalui proses *surface grinding*. *surface Grinding* dilakukan untuk mengubah sifat mekanis dari permukaan agar lebih halus. Permukaan yang sangat halus dan sifatnya yang sangat keras dapat di jamin ketahanan umurnya.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5. 1.Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pengaruh *feeding* terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan baja EMS 45 yang di*quenching* menggunakan air dromus pada proses *surface grinding*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai kekasaran spesimen *quenching* dengan *feeding* 0,25 mm/rev secara berturut-turut menghasilkan nilai kekasaran yang menurun. Nilai kekasaran spesimen *quenching* dengan *feeding* 0,5 mm/rev secara berturut-turut menghasilkan nilai kekasaran yang tidak stabil. Nilai kekasaran spesimen *quenching* dengan *feeding* 0,75 mm/rev secara berturut-turut menghasilkan nilai kekasaran yang menurun. Nilai kekasaran spesimen *quenching* dengan *feeding* 1 mm/rev secara berturut-turut menghasilkan nilai kekasaran yang tidak stabil. Secara keseluruhan nilai kekasaran *feeding* 0,25 mm/rev, 0,5 mm/rev, 0,75 mm/rev, 1 mm/rev berturut-turut mengalami penurunan pada *feeding* 0,5 mm/rev dan *feeding* 1 mm/rev, dan mengalami kenaikan pada *feeding* 0,75 mm/rev.
2. Nilai kekasaran spesimen *non quenching* dengan *feeding* 0,25 mm/rev secara berturut-turut menghasilkan nilai kekasaran yang peningkatan. Nilai kekasaran spesimen *non quenching* dengan *feeding* 0,5 mm/rev secara berturut-turut menghasilkan nilai kekasaran yang tidak stabil. Nilai kekasaran

spesimen *non quenching* dengan *feeding* 0,75 mm/rev secara berturut-turut menghasilkan nilai kekasaran yang tidak stabil. Nilai kekasaran spesimen *non quenching* dengan *feeding* 1 mm/rev secara berturut-turut menghasilkan nilai kekasaran yang tidak stabil. Secara keseluruhan nilai kekasaran *feeding* 0,25 mm/rev, 0,5 mm/rev, 0,75 mm/rev, 1 mm/rev berturut-turut mengalami peningkatan pada *feeding* 0,5 mm/rev dan *feeding* 1 mm/rev, dan mengalami penurunan pada *feeding* 0,25 mm/rev dan *feeding* 0,75 mm/rev.

## 5. 2.Saran

Berdasarkan simpulan diatas, maka pada proses *surface grinding* sebaiknya memperhatikan beberapa saran berikut ini:

1. Jika akan melakukan proses *surface grinding*, gunakan *feeding* 0,5 mm/rev atau *feeding* 1 mm/rev untuk spesimen *quenching*, sedangkan untuk spesimen *non quenching* gunakan *feeding* 0,25 mm/rev untuk mendapatkan tingkat kekasaran yang relatif rendah.
2. Spesimen yang dipilih jangan diberi perlakuan *quenching* jika ingin mendapatkan kekasaran permukaan yang baik.
3. Jika ingin memiliki kekerasan permukaan yang baik maka spesimen sebaiknya diberi perlakuan *quenching*.
4. Alat uji pada saat pengujian apapun harus dikalibrasi terlebih dahulu, agar data hasil yang didapat dari pengujian valid.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atedi, Bimbing Dan Djoko Agustono. 2005. Standar Kekasaran Permukaan Bidang Pada *Yoke Flange* Menurut ISO R.1302 Dan DIN 4768 Dengan Memperhatikan Nilai Ketidakpastiannya. 1-7
- Bohler: Sertifikat baja AISI 1045 (EMS 45).
- Farizi, Adyuta, Endi, Erwin. 2011. Pengaruh Variasi Sudut Potong Mayor Dan *Feeding* Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Proses Bubut Tirus Aluminium 6061. 1-9.
- Firmansyah, Deka. 2011. *Cylindrical & Surface Grinding*.1-23
- Gapsari, Femiana, Putu, Fikrul. 2012. Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Porositas Hasil *Hot Dipped Galvanizing* (HDG). 283-292
- Hadimi. 2008. Pengaruh Perubahan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan. 18-28.
- Harnowo, Sptyaji dan Yunaidi. 2015. Pengaruh *Viskositas* Oli Sebagai Cairan Pendingin Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses *Quenching* Baja St 60, 1-7
- Jonoadji, Ninuk dan Joni Dewanto. 1999. Pengaruh Parameter Potong dan Geometri Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut. 82-88.
- Mahendra, Arya. 2010. Optimalisasi Proses Gerinda Untuk Permukaan. 26-30.
- Miftakhuddin, Nur. 2006. Pengaruh Temper Dengan *Quench* Media Oli Mesran SAE 20w – 50 Terhadap Karakteristik *Medium Carbon Steel*. 40-52.
- Nanulaitta, Nevada Dan Alexander Patty. 2011. Analisa Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah (S35c) Dengan Pengaruh Waktu Penahanan ( *Holding Time*) Melalui Proses Pengarbonan Padat (*Pack Carburizing*) Dengan Pemanfaatan Cangkang Kerang Sebagai *Katalisator*. 927-935
- Pramono, Agus. 2011. Karakterisrik Mekanik Proses *Hardening* Baja AISI 1045 Media *Quenching* Untuk *Aplikasi Sprochet* Rantai. 32-38.

- Pratama, Aditya, Endi, Erwin. Pengaruh Variasi *Feeding* Dan Rasio L/D Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Proses Bubut Tirus. 1-8.
- Purbosari, Dhiah, Herman, Danar. 2012. Karakterisasi Tingkat Kekasaran Permukaan Baja St 40 Hasil Pemesinan CNC *Milling* Zk 7040 Efek Dari Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate*) Dan Awal Waktu Pemberian Pendingin. 1-15
- Rahmat, Tatang dan Hadi Mursidi. 2013. Teknik Pemesinan Gerinda 1. 9-25.
- Rochim, Taufiq. 1993. Teori dan Teknologi Proses Permesinan. Jakarta: HEDS
- Rosa, Yazmendra. 2002. Analisa Kualitas Permukaan Benda Kerja Hasil Proses Permesinan Milling. 1-6.
- Standar ISO atau DIN 4763: 1981.
- Soegijono, Bambang dan Sutrisno. 2012. Pengerasan Permukaan Baja Karbon Rendah ST37 dengan Metode Boronisasi. 1-3
- Sugiyono. 2013. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Suharno dan Budi Harjanto. 2012. Pengaruh Variasi Temperatur Dan  *Holding Time* Dengan Media *Quenching* Oli Mesran SAE 40 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja Assab 760. 1-13.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: PT. Pradnya Kejuruan.
- Teknik Dasar Instrumentasi. 2014. Cimahi: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Teknik Permesinan Bubut 1. 2014. Cimahi: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Wardoyo, Joko. 2005. Metode Peningkatan Tegangan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda. 237-248.