



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN
KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya

MUHAMMAD IFAN KHOIRUDIN

40040217060079

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

2021

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Muhammad Ifan Khoirudin

NIM : 40040217060079

Tanda Tangan :

Tanggal :

SURAT TUGAS

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

Dengan ini menerangkan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan judul :
“PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN
KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR “ yang telah disusun oleh :

Nama : Muhammad Ifan Khoirudin

NIM : 40040217060079

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro

Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada :

Hari :

Tanggal :

Semarang, 2021

Ketua PSD III Teknik Mesin

Dosen Pembimbing

SV UniversitasDiponegoro

Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes

Drs. Juli Mrihardjono, MT

NIP. 19620421 198603 1 002

NIP 19600727 198603 1 004

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Ifan Khoirudin

NIM : 40040217060079

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : “PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR“.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Ttd.

Pembimbing : Drs. Juli Mrihardjono, MT (.....)

Penguji 1 : (.....)

Penguji 2 : (.....)

Semarang, 2021

Ketua PSD III Teknik Mesin

SV Universitas Diponegoro

Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes

NIP. 19620421 198603 1 002

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Ifan Khoirudin
NIM : 40040217060079
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi Pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Non eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya saya yang berjudul :

***“PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN
KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR“***

Dengan Hak Bebas Royalty / Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihkan media / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Semarang

Pada Tanggal :

Yang menyatakan,

Muhammad Ifan Khoirudin

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

“ Tuhan membekali manusia dengan akal dan pikiran, namun kita sendiri yg harus mengembangkan agar mendapatkan apa yg kita inginkan di masa depan “

Persembahan :

1. Keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan dan doa yang tiada hentinya
2. Segenap dosen, teknisi, dan karyawan PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro
3. Teman-teman ZUIGER angkatan 2017 PSD III Teknik Mesin SV Undip.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR “ dengan baik.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak saran, bimbingan, dan bantuan dari pihak pembimbing, pemateri, maupun teknisi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes, selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Drs. Juli Mrihardjono, MT , selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak *Ir. H Murni, MT*, selaku dosen wali penulis.
5. Seluruh Dosen dan Teknisi yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
6. Orang tua dan keluarga besar penulis atas kasih sayang, perhatian, doa yang selalu menyertai, dan dukungan yang selalu diberikan selama ini.
7. Teman-teman satu kelompok yang sudah bekerjasama dengan sangat baik dan selalu bersama-sama dalam mengerjakan tugas akhir ini.

8. Teman-teman angkatan 2017 Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.
9. Serta semua pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan penulis satu per satu yang telah membantu selama pelaksanaan tugas akhir.

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari masih jauh dari kata sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Semarang, Maret 2021

Penulis

ABSTRAK

Piston pada mesin juga dikenal dengan istilah torak / seher adalah bagian (parts) dari mesin pembakaran dalam yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima tekanan hasil pembakaran pada ruang bakar. Material piston umumnya terbuat dari bahan yang ringan dan tahan tekanan, misal aluminium yang sudah dicampur bahan tertentu (aluminium alloy), atau bahan tempa yang kuat dan ringan.

Dalam tugas akhir kali ini, dilakukan dua kali pengujian kekerasan pada benda uji. Pertama pengujian pada benda uji tanpa diberi perlakuan panas, yang kedua pengujian benda uji dengan perlakuan panas. Perlakuan panas dilakukan dengan memanaskan benda uji menggunakan blender las, lalu didinginkan dengan teknik normalizing. Pengujian kekerasan dilakukan dengan indentor diamond cone dengan beban mayor sebesar 150 kgf.

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh hasil tingkat kekerasan rata-rata piston sesudah perlakuan panas memiliki nilai yang lebih keras dibandingkan dengan tingkat rata-rata kekerasan piston sebelum perlakuan panas. Dengan rata-rata kekerasan sesudah perlakuan panas sebesar 85,51 HRC dan rata-rata kekerasan sebelum perlakuan panas sebesar 62 HRC.

Kata kunci : Piston, Heat treatment, Rockwell Hardness.

ABSTRACT

The piston in the engine, also known as the piston / piston, is the part of the internal combustion engine that functions as a suppressor of the intake air and the receiver of the combustion pressure in the combustion chamber. Piston materials are generally made of lightweight and pressure-resistant materials, such as aluminum that has been mixed with certain materials (aluminum alloy), or forged materials that are strong and lightweight.

In this final project, two hardness tests were carried out on the test object. The first test is on the test object without being heat treated, the second is testing the test object with heat treatment. Heat treatment is carried out by heating the test object using a welding blender, then cooling it using the normalizing technique. Hardness testing was carried out with a diamond cone indenter with a major load of 150 kgf.

From the tests carried out, the results obtained that the average hardness level of the piston after heat treatment has a harder value than the average level of piston hardness before heat treatment. With an average hardness after heat treatment of 85.51 HRC and an average hardness before heat treatment of 62 HRC.

Keywords : Piston, Heat treatment, Rockwell Hardness.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5. Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.6. Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II.....	5
DASAR TEORI	5
2.1. Pengertian Kekerasan	5
2.2. Metode Pengujian Kekerasan	6
2.2.1. <i>Brinell</i> (HB / BHN).....	6
2.2.2. <i>Rockwell</i> (HR / RHN)	8
2.2.3. <i>Vickers</i> (HV / VHN).....	16

2.2.4. <i>Micro Hardness</i>	18
2.3. Klasifikasi Proses Perlakuan Panas	18
2.4. Spesifikasi Material	21
BAB III	25
METODE PENGAMBILAN DATA	25
3.1 Alat dan Bahan.....	25
3.2 Metode Pengujian.....	26
3.2.1 Spesifikasi Alat Pengujian	28
3.2.2 Bagian-bagian <i>Rockwell Hardness</i> HD-588	28
3.2.3 Standar Operasional Alat	29
3.3 Prosedur Pengujian	32
3.3.1 <i>Heat Treatment</i>	37
BAB IV	40
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA.....	40
4.1 Hasil Pengujian	40
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Part Piston Sebelum Perlakuan Panas.	40
4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Part Piston Sesudah Perlakuan Panas.	45
4.2 Data Perhitungan Kedalaman.....	50

4.2.1 Perhitungan Kedalaman Indentasi Part Piston Sebelum Perlakuan Panas	50
4.2.2 Perhitungan Kedalaman Indentasi Part Piston Sesudah Perlakuan Panas	53
4.3 Analisa Hasil Pengujian	55
BAB V	59
PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengujian <i>brinell</i>	7
Gambar 2.2 Perumusan untuk pengujian <i>brinell</i>	7
Gambar 2.3 Pengujian <i>rockwell</i>	8
Gambar 2.4 Prinsip kerja metode pengukuran kekerasan <i>rockwell</i>	9
Gambar 2.5 Indentor diamond cone 120 ° dan indentor bola.....	10
Gambar 2.6 Pengujian kekerasan Rockwell memakai indentor intan dan bola baja	14
Gambar 2.7 Pengujian <i>Vickers</i>	17
Gambar 2.8 Bentuk Indentor <i>Vickers</i>	17
Gambar 2.9 Bentuk Indentor <i>Knoop</i>	18
Gambar 3.1 <i>Rockwell hardness</i> HD-588.....	26
Gambar 3.2 Bagian-bagian mesin <i>rockwell</i>	28
Gambar 3.3 Kalibrasi alat	30
Gambar 3.4 Baut pelonggar tuas <i>unloading</i>	30
Gambar 3.5 <i>Anvil</i>	30
Gambar 3.6 Diamond cone	31
Gambar 3.7 Pengaturan skala.....	31
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> pengujian kekerasan	33
Gambar 3.9 Kalibrasi alat	34
Gambar 3.10 Pemasangan <i>indentor</i>	34

Gambar 3.11 <i>Anvil</i> (dudukan)	35
Gambar 3.12 Pengaturan beban	35
Gambar 3.13 Benda Uji Mengenai <i>indentor</i>	36
Gambar 3.14 Tuas <i>loading</i>	36
Gambar 3.15 Tuas <i>unloading</i>	37
Gambar 3.16 Pembacaan skala	37
Gambar 3.17 Tabung oksigen	38
Gambar 3.18 Tabung gas elpiji 3kg	38
Gambar 3.19 <i>Nozzle</i>	39
Gambar 3.20 Tungku	39
Gambar 3.21 Tang jepit.....	39
Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas	41
Gambar 4.2 Hasil pengujian pada titik 1	41
Gambar 4.3 Hasil pengujian pada titik 2.....	42
Gambar 4.4 Hasil pengujian pada titik 3.....	43
Gambar 4.5 Hasil pengujian pada titik 4.....	43
Gambar 4.6 Hasil pengujian pada titik 5.....	44
Gambar 4.7 Hasil pengujian pada titik 6.....	44
Gambar 4.8 Grafik hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas	46

Gambar 4.9 Hasil pengujian pada titik 1.....	46
Gambar 4.10 Hasil pengujian pada titik 2.....	47
Gambar 4.11 Hasil pengujian pada titik 3.....	47
Gambar 4.12 Hasil pengujian pada titik 4.....	48
Gambar 4.13 Hasil pengujian pada titik 5.....	49
Gambar 4.14 Hasil pengujian pada titik 6.....	49
Gambar 4.15 Grafik hasil perhitungan kedalaman indentasi part piston sebelum perlakuan panas.....	52
Gambar 4.16 Grafik hasil perhitungan kedalaman indentasi part piston sesudah perlakuan panas.....	55
Gambar 4.17 Grafik perbandingan pengukuran kekerasan part piston sebelum dan sesudah perlakuan panas	56
Gambar 4.18 Permukaan piston yang dilakukan indentasi setelah diberikan perlakuan panas.....	57
Gambar 4.19 Grafik perbandingan perhitungan kedalaman part piston sebelum dan sesudah perlakuan panas	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala pada pengujian kekerasan Rockwell	12
Tabel 2.2 Rumus Kekerasan <i>Vickers</i> (HV)	17
Tabel 3.1 Akurasi Nilai Kekerasan	27
Tabel 3.2 <i>The Permitted Tolerances of The Standard</i>	27
Tabel 4.1 Hasil Pengujian <i>Rockwell</i> sebelum perlakuan panas	40
Tabel 4.2 Hasil Pengujian <i>Rockwell</i> sesudah perlakuan panas	45
Tabel 4.3 Perhitungan Kedalaman (h) Part Piston sebelum perlakuan panas	52
Tabel 4.4 Perhitungan Kedalaman (h) Part Piston sesudah perlakuan panas	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pengujian bahan logam saat ini semakin meluas baik dalam konstruksi, permesinan, bangunan, maupun bidang lainnya. Hal ini disebabkan karena sifat logam yang bisa diubah, sehingga pengetahuan tentang metalurgi terus berkembang. Dalam bidang teknik pengujian kekerasan sangat dibutuhkan dalam hal ini kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan dan deformasi plastis. Maka dapat didefinisikan bahwa kekerasan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Mengukur kekerasan logam adalah langkah penting dalam proses pembuatan. Standar yang diakui lintas industri dan akurasi pengujian sangat penting tidak hanya untuk keamanan dan efisiensi tetapi juga untuk memahami ketahanan dan stabilitas material pada kondisi tekanan tinggi. Selama lebih dari satu abad, skala Brinell dan uji kekerasan telah banyak digunakan untuk menentukan nilai kekerasan baja, besi cor dan komponen aluminium (Austin, 2019).

Oleh karena itu diperlukan adanya pengujian material yang akan digunakan sebelum diputuskan layak tidaknya material tersebut dipakai. Secara

mekanik pengujian yang dipakai harus dapat melihat sifat mekanik pada material tersebut. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan ada berbagai macam dan salah satunya yaitu pengujian Rockwell. Pengujian Rockwell merupakan metode yang paling umum digunakan karena simple dan tidak menghendaki keahlian khusus. Pengujian yang dilakukan menggunakan benda uji piston karena benda ini termasuk part inti pada kendaraan dan dalam kerjanya piston mengalami perlakuan panas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan benda uji dan mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap tingkat kekerasan benda uji

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR “ terdapat beberapa rumusan masalah, antara lain :

1. Berapa nilai kekerasan sebelum diberi perlakuan panas?
2. Mengapa setelah diberi perlakuan panas pada benda kerja?
3. Berapa kedalaman indentasi sebelum diberi perlakuan panas?
4. Berapa kedalaman indentasi setelah diberi perlakuan panas?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR “ penulis menentukan batasan-batasan masalah, anatar lain :

1. Pengoperasian mesin *Rockwell Hardness Tester*.
2. Pembacaan skala pada pengujian kekerasan *Part* piston.
3. Pengaruh proses *heat treatment* terhadap kekerasan *Part* piston.

1.4. Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari “PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR “ adalah sebagai berikut :

1. Memahami cara pengoperasian mesin *Rockwell Hardness Tester*.
2. Memahami cara pembacaan skala pada pengujian kekerasan *Part* piston.
3. Memahami pengaruh proses *heat treatment* terhadap kekerasan *Part* piston.

1.5. Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang didapatkan dari “PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR “ adalah, antara lain :

1. Mendapatkan lebih banyak ilmu tentang dunia pengujian kekerasan.
2. Memahami bagaimana cara pengoperasian alat *Rockwell Hardness* dan menguji material.
3. Mengetahui pengaruh proses *heat treatment* terhadap kekerasan *Part* piston.

1.6. Sistematika Penulisan Laporan

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini, sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, tujuan dan manfaat Tugas Akhir, rumusan dan batasan masalah dalam penulisan laporan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menguraikan dasar teori pengujian kekerasan pada material dan sistem pengujian.

BAB III PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN PADA PISTON SEPEDA MOTOR

Bab ini berisi uraian tentang proses pengujian pada mesin *Rockwell Hardness Tester* pada material yang diuji dengan menggunakan indenter *diamond cone*, proses *heat treatment* dan melakukan perbandingan kekerasan hasil pengujian.

BAB IV ANALISA HASIL PENGUJIAN

Bab ini berisi tentang analisa hasil pengujian pada *Rockwell Hardness Tester* pada material part yang diuji sebelum proses *heat treatment* dan sesudah proses *heat treatment*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai pokok-pokok penting yang diperoleh selama pengujian, yang diangkat dari tugas akhir ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian Kekerasan

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula.

Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Untuk orang-orang yang berkecimpung dalam mekanika pengujian bahan, banyak yang mengartikan kekerasan sebagai ukuran ketahanan terhadap lekukan. Untuk para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam.

Adapun definisi kekerasan sangat tergantung pada cara pengujian tersebut dilakukan. Beberapa dari definisi tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Ketahanan terhadap indentasi permanen akibat beban dinamis atau statis kekerasan indentasi.
- b. Energi yang diserap pada beban *impact* (Kekerasan Pantul).

- c. Kekerasan terhadap goresan (Kekerasan Goresan).
- d. Ketahanan terhadap abrasi (Kekerasan Abrasi).
- e. Ketahanan terhadap pemotongan atau pengeboran (Mampu Mesin).
- f. Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya di bidang rekayasa.

Dengan mempertimbangkan kekuatan dari benda kerja ketika milih beban tersebut, kita cenderung memilih bahan benda kerja yang memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Alasannya, logam keras dianggap lebih kuat apabila dibandingkan dengan logam lunak. Meskipun demikian, logam yang keras biasanya cenderung lebih rapuh dan sebaliknya, logam lunak cenderung lebih ulet dan elastis.

2.2. Metode Pengujian Kekerasan

Dalam pengujian kekerasan terdapat beberapa jenis metode pengujian diantaranya adalah sebagai berikut :

2.2.1. *Brinell* (HB / BHN)

Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian *Brinell* diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500 - 3000 kgf. Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten.

Di bawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan metode uji kekerasan *Brinell* yaitu sebagai berikut:

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

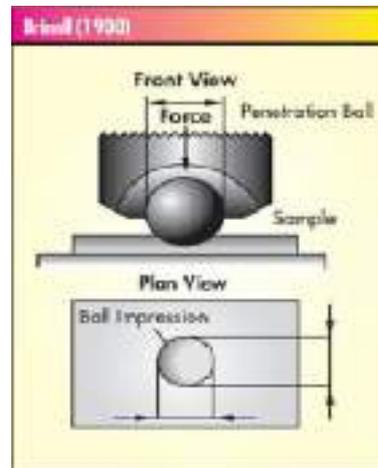
Dimana :

D = Diameter bola (mm)

d = Impression diameter (mm)

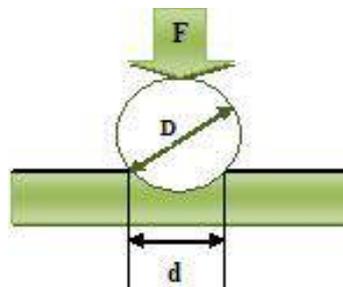
F = *Load* (beban) (kgf)

HB = *Brinell result* (HB)



Gambar 2.1 Pengujian *brinell*

Sumber : (Samuel, 2011)



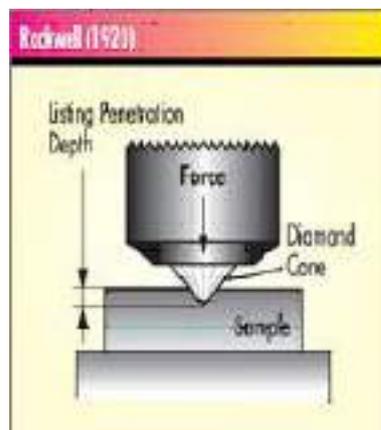
Gambar 2.2 Perumusan untuk pengujian *brinell*

Sumber : (Samuel, 2011)

2.2.2. *Rockwell (HR / RHN)*

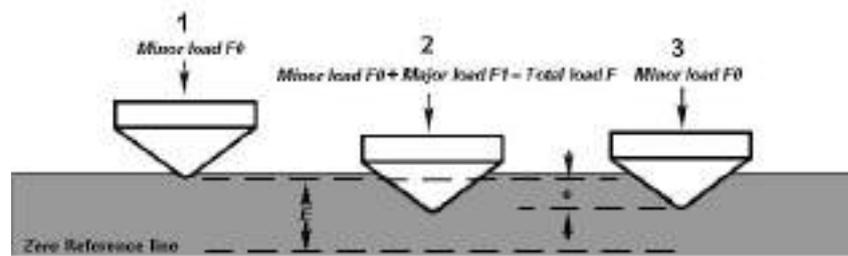
Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak.

Pengujian kekerasan Rockwell dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indentor. Penekanan indentor ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.



Gambar 2.3 Pengujian *rockwell*

Sumber : (Samuel, 2011)



Gambar 2.4 Prinsip kerja metode pengukuran kekerasan *rockwell*.

Besarnya beban minor ini adalah 10 kgf sedangkan besarnya beban utama biasanya adalah 50 kgf, 90 kgf, atau 140 kgf. Penerapan beban minor pada hakekatnya dimaksudkan untuk membantu mendudukan indenter di dalam benda uji (spesimen) dan menghilangkan pengaruh dari penyimpangan permukaan sehingga menciptakan permukaan spesimen yang siap untuk menerima beban utama. Dengan demikian permukaan benda uji tidak perlu dibuat dengan sehalus dan selicin mungkin.

Di bawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan metode Rockwell yaitu sebagai berikut:

$$\text{HRB} = 130 - (h/0,002)$$

$$\text{HRC} = 100 - (h/0,002)$$

(Samuel, 2011)

Keterangan:

HRB = Nilai kekerasan Rockwell B

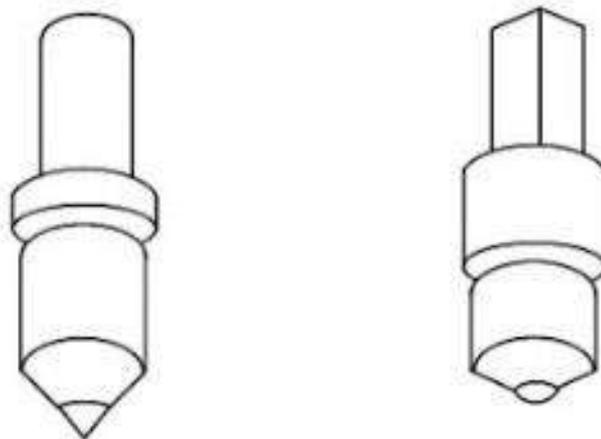
HRC = Nilai kekerasan Rockwell C

h = kedalaman (mm)

Pengujian menggunakan metode Rockwell mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari metode Rockwell yaitu dapat digunakan untuk bahan yang sangat keras, dapat dipakai untuk batu gerinda sampai plastik, dan cocok untuk semua material yang keras dan lunak. Sedangkan untuk kekurangan dari metode Rockwell yaitu tingkat ketelitiannya rendah, tidak stabil apabila terkena guncangan, penekanan bebannya tidak praktis.

Indentor

Ada dua jenis indentor yang digunakan pada pengujian kekerasan Rockwell, yaitu intan berbentuk kerucut yang memiliki sudut puncak 120° di mana bagian ujungnya sedikit dibulatkan dengan jari-jari 0,2 mm dan indentor bola yang terbuat dari baja yang dikeraskan atau dari tungsten karbida yang memiliki diameter $1/16"$, $1/8"$, $1/4"$, dan diameter $1/2"$. Indentor kerucut intan sering disebut juga sebagai 'Brale'.



Gambar 2.5 Indentor diamond cone 120° dan indentor bola

Indentor kerucut intan pada umumnya digunakan untuk menguji material-material yang keras. Sementara indentor bola baja sering digunakan untuk menguji kekerasan material-material yang lebih lunak.

Skala kekerasan Rockwell

Scale	Indenter (mm)	Test force (kg) Constant				Application examples
		F0	F1	F	N	
A	Diamond cone indenter	10	50	60	100	Hard metal and alloy
B	Steel ball (1.588) indenter	10	90	100	130	Non-ferrous and soft metal
C	Diamond cone indenter	10	140	150	100	Structural and tool steel

(Panduan, 2020)

Pada pengujian kekerasan material dengan metode Rockwell dikenal ada beberapa skala, misalnya skala B yang biasanya diaplikasikan pada material non ferros dan soft metal, seperti paduan-paduan tembaga, paduan aluminium dan baja lunak, dengan menggunakan indentor bola baja berdiameter 1/16" dan beban total sebesar 100 kgf. Sedangkan skala C diaplikasikan untuk material-material yang lebih keras, seperti besi tuang, dan banyak paduan-paduan baja yang memakai kerucut intan sebagai indentornya dengan beban total sampai 150 kgf. Untuk skala A diaplikasikan untuk hard metal dan alloy dengan pembebanan total sebesar 60 kgf. Selain skala B, skala C dan skala A yang sering disebut sebagai skala umum, ada beberapa skala lainnya seperti skala D, E, F, G dan lain-lain. Tabel di bawah ini memperlihatkan berbagai skala pada pengujian kekerasan Rockwell.

Tabel 2.1 Skala pada pengujian kekerasan Rockwell

Skala	Indentor	Beban F0 (kgf)	Minor	Beban Mayor (kgf)	F1	Beban total (kgf)	F
A	Kerucut Intan	10		50		60	
B	Bola baja 1/16"	10		90		100	
C	Kerucut Intan	10		140		150	
D	Kerucut Intan	10		90		100	
E	Bola baja 1/8"	10		90		100	
F	Bola baja 1/16"	10		50		60	
G	Bola baja 1/16"	10		140		150	
H	Bola baja 1/8"	10		50		60	
K	Bola baja 1/8"	10		140		150	
L	Bola Baja 1/4"	10		50		60	
M	Bola Baja 1/4"	10		90		100	
P	Bola Baja 1/4"	10		140		150	
R	Bola Baja 1/2"	10		50		60	
S	Bola Baja 1/2"	10		90		100	
V	Bola Baja 1/2"	10		140		150	

Sumber : (Saputra, 2011)

Berbeda dengan pengujian kekerasan Brinell dan Vickers yang mengukur luas dari jejak, pada pengujian kekerasan Rockwell yang diukur adalah kedalaman jejak hasil penetrasi indentor. Dalam hal ini, seberapa jauh indentor bergerak turun secara vertikal ketika melakukan penetrasi.

Skala pada jam ukur (dial gage) mesin Rockwell terdiri dari 100 pembagian, masing-masing pembagian sama dengan kedalaman penetrasi sejauh 0,002 mm.

Di bawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan metode Rockwell yaitu sebagai berikut:

$$\text{HRB} = 130 - (h/0,002)$$

$$\text{HRC} = 100 - (h/0,002)$$

(Samuel, 2011)

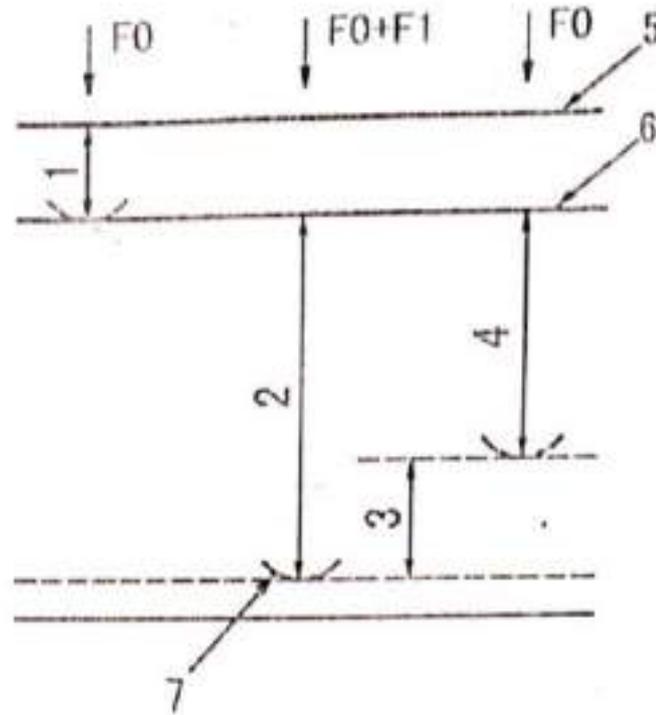
Keterangan:

HRB = Nilai kekerasan Rockwell B

HRC = Nilai kekerasan Rockwell C

h = Kedalaman (mm)

Di dalam prakteknya angka kekerasan Rockwell dapat dibaca langsung pada jam ukur (dial gage), atau ditampilkan pada layar jika menggunakan mesin pengujian kekerasan Rockwell digital.



Sumber : (ALDO Operation Guide Hardness Test Machine, 2017)

Gambar 2.6 Pengujian kekerasan Rockwell memakai indenter intan dan bola baja

Keterangan :

F_0 = beban pendahuluan (beban minor)

F_1 = beban utama (beban mayor)

a = kedalaman penetrasi oleh beban minor

b = kedalaman penetrasi oleh beban total ($F_0 + F_1$)

e = kedalaman penetrasi setelah beban utama dilepaskan

Cara penulisan nilai kekerasan Rockwell adalah dengan menulis angka kekerasannya lalu diikuti dengan huruf HR yang artinya kekerasan *Rockwell* (*Hardness Rockwell*) dan pembubuhan nama skala yang digunakan dalam

pengujian, seperti HRA untuk penggunaan skala A, HRB untuk penggunaan skala B dan seterusnya. Sebagai contoh, 32 HRC artinya '32' merupakan angka kekerasan Rockwell dan 'HRC' artinya pengujian dilaksanakan pada skala C dari pengujian kekerasan *Rockwell*. Semakin tinggi angka pada setiap skala berarti semakin keras material yang diuji.

Rockwell superficial

Pengujian kekerasan *Rockwell* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pengujian kekerasan *Rockwell reguler* (standar) dan pengujian kekerasan *Rockwell superficial*. Mesin pengujian kekerasan *Rockwell superficial* beroperasi dengan cara yang sama dengan mesin pengujian kekerasan *Rockwell reguler*. Demikian juga indenter yang digunakan pada *Rockwell superficial* sama seperti indenter pada *Rockwell reguler*.

Rockwell superficial pada umumnya digunakan untuk menguji bahan-bahan yang tipis, permukaan atau benda dengan pengerasan kulit (case hardening), komponen-komponen yang kecil atau benda-benda yang tidak bisa diuji dengan pengujian *Rockwell reguler*.

Kelebihan dan kekurangan pengujian kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan *Rockwell* mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

Kelebihan :

- Nilai kekerasan benda uji dapat dibaca langsung pada jam ukur (dial gage).

- Proses pengujian dilaksanakan dengan cepat
- Tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak (lekukan)
- Pengujian yang relatif tidak merusak.
- Sangat cocok untuk menguji produk-produk dalam jumlah banyak.

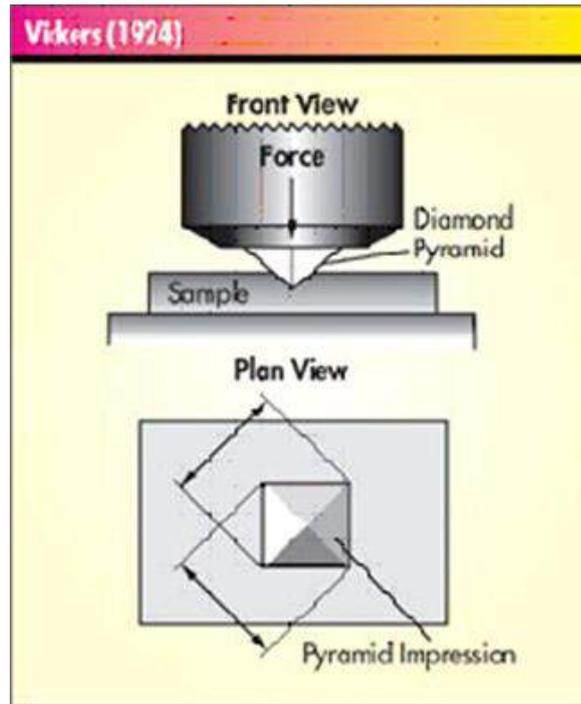
Kekurangan :

- Tingkat ketelitian tidak selalu akurat
- Lokasi pengujian pada spesimen harus bebas pencemaran (minyak, kerak, zat-zat asing dan lain-lain).
- Tidak stabil jika mesin uji terkena guncangan.

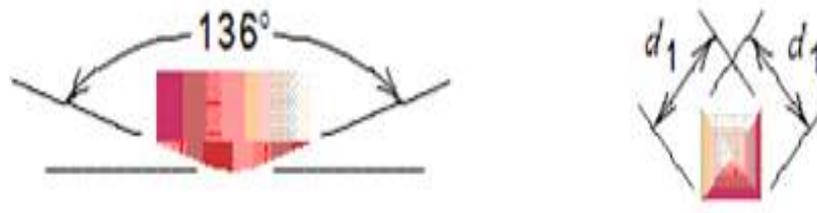
2.2.3. *Vickers* (HV / VHN)

Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada gambar 2.7. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian Rockwell dan brinell yaitu antara 1 sampai 1000 gram.

Angka kekerasan *Vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indentor (diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/20)$.



Gambar 2.7 Pengujian *Vickers*



Gambar 2.8 Bentuk Indentor *Vickers*

(Callister, 2011)

Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode Vickers yaitu dapat dilihat pada tabel 2.5 di bawah ini

Tabel 2.2 Rumus Kekerasan *Vickers* (HV)

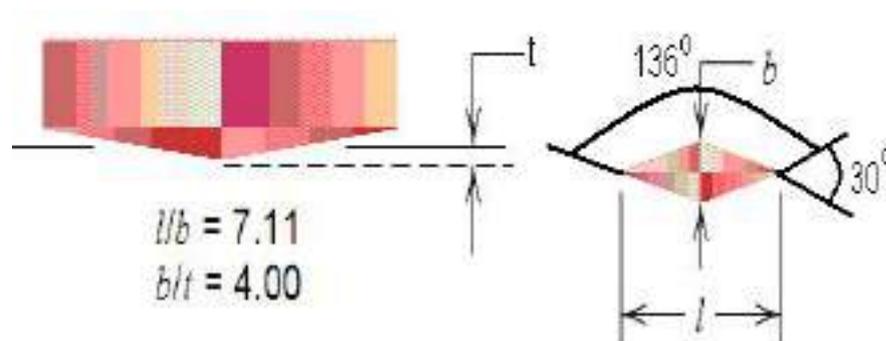
Rumus	Urutan
$HV = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136^\circ}{2}$ (1)HV = Angka kekerasan <i>Vickers</i>

$$HV = \frac{F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{\frac{d^2}{2}} \dots\dots\dots (2) \text{ F = Beban (kgf)}$$

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \dots\dots\dots (3) \text{ d = diagonal (mm)}$$

2.2.4. *Micro Hardness*

Micro hardness test tahu sering disebut dengan knoop hardness testing merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah. Knoop biasanya digunakan untuk mengukur material yang getas seperti keramik.



Gambar 2.9 Bentuk Indentor *Knoop*

(Callister, 2011)

2.3. Klasifikasi Proses Perlakuan Panas

Setiap proses memiliki tujuan untuk membentuk sifat logam dengan hasil akhir yang berbeda yang ingin dicapai. Sebuah logam bisa saja di buat lebih lentur, lebih keras, atau lebih tahan terhadap resiko patah. Terdapat 5 jenis perlakuan panas utama yang sering dilakukan, yaitu :

1. Proses *Annealing*

Proses annealing bertujuan untuk melunakkan logam dan mengembalikan ketegangan logam yang terjadi selama pembentukan atau proses pengerjaan. Proses pengerjaan yang dimaksud seperti tekuk, las, bubut dan potong.

Proses tersebut biasanya dilakukan dengan cara memanaskan logam hingga temperature mendekati titik lumer logam, kemudia dilakukan penahan dengan selang waktu tertentu sebelum dilakukan pendinginan.

Proses pendinginan dilakukan dalam atmosfer Nitrogen untuk mencegah korosi dengan cara menurunkan temperatur secara bertahap hingga suhu kembali mencapai suhu ruang.

2. Proses *Normalizing*

Normalizing dapat diartikan sebagai proses untuk mengembalikan sifat logam ke kondisi sifat yang seharusnya. Dalam proses tersebut, susunan *crystal* dalam logam dikembalikan ke kondisi sebelumnya atau ke sifat aslinya dari kondisi setelah logam tersebut mengalami perubahan akibat pengerjaan logam.

Proses tersebut dilakukan dengan memanaskan logam hingga mencapai beberapa derajat dibawah titik lumer, kemudian logam tersebut kembali didinginkan pada suhu ruang hingga mencapai suhu ruang. Tidak ada percepatan pendinginan maupun perlambatan pendinginan.

3. Proses *Quenching*

Proses *Quenching* bertujuan untuk mengeraskan logam. Cara pengerjaannya dilakukan dengan memanaskan logam hingga mencapai suhu beberapa derajat diatas suhu plastis, dan kemudiaan didinginkan dengan percepatan pendinginan secara tiba-tiba. Pendinginan dilakukan setelah logam mencapai beberapa derajat (biasanya 300C) diatas suhu plastis, lalu dicelupkan ke air atau ke dalam oli. Setelah mencapai suhu tertentu, barulah logam tersebut didinginkan kembali pada udara hingga suhu ruang.

4. Proses *Tempering*

Proses tersebut telah dilakukan tukang besi selama berabad- abad. Logam dipanaskan hingga beberapa derajat dibawah suhu plastis, kemudian dilakukan pendinginan secara bertahap untuk mengurangi kekerasan logam tersebut. Tujuannya adalah mengorbankan sekian persen kekerasan logam untuk menukarkannya dengan kelebihan dalam hal kepadatan dan kelenturan.

Biasanya proses tersebut dilakukan untuk memperbaiki benda kerja setelah proses *Quenching*. Proses *Quenching* walaupun menyebabkan logam menjadi sangat keras, tetapi proses tersebut menyebabkan logam mudah retak dan rapuh.

5. Proses *Surface Hardening*

Proses tersebut bertujuan untuk menambah kekerasan khususnya bagian permukaan logam. Bebebrapa benda yang mengalami proses demikian seperti obeng, pisau potong, piston, atau roda gigi. Pemanasan pada proses demikian dilakukan dengan frekuensi yang lebih tinggi dengan tujuan untuk mengurangi penetrasi pemanasan, sehingga hanya bagian permukaan saja yang dikeraskan.

Tujuan proses tersebut adalah untuk meningkatkan kemampuan peralatan terhadap korosi, abrasi serta kekerasan.

2.4. Spesifikasi Material

Piston pada mesin juga dikenal dengan istilah torak / seher adalah bagian (*parts*) dari mesin pembakaran dalam yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima tekanan hasil pembakaran pada ruang bakar. Piston terhubung ke poros engkol (*crankshaft*) melalui batang piston (*connecting rod*). Material piston umumnya terbuat dari bahan yang ringan dan tahan tekanan, misal aluminium yang sudah dicampur bahan tertentu (*aluminium alloy*), atau bahan tempa yang kuat dan ringan. Dikarenakan bahan tersebut maka piston memiliki muai yang lebih besar dibandingkan dengan rumahnya (*cylinder block*). Hal tersebut harus diantisipasi dengan *clearance cylinder block* dan piston (selisih diameter piston dengan diameter *cylinder blok*). *Clearance* ini bervariasi untuk masing-masing piston. Banyak salah pengertian di antara para mekanik bahwa piston harus sesak atau pas dengan *cylinder blok*. Hal ini mengakibatkan seringnya terjadi macet (*jammed*) pada saat mesin panas (*overheat*). Seharusnya piston longgar terhadap *cylinder blok*. Banyak orang mengira bentuk dari piston adalah bulat. Sesungguhnya bentuk piston adalah oval dengan bagian terkecil terletak di daerah lubang pin piston. Bagian atas dari piston (tempat ring piston) selalu lebih kecil dari bagian bawah piston (bagian ekor). Pada saat dimasukkan ke dalam *cylinder blok* (yang berbentuk bulat sempurna), bentuk oval dari piston ini akan mengakibatkan bagian yang lebih kecil terlihat lebih renggang.

Piston adalah komponen mesin yang membentuk ruang bakar bersama – sama dengan silinder blok dan silinder head. Piston jugalah yang melakukan

gerakan naik turun untuk melakukan siklus kerja mesin, serta piston harus mampu meneruskan tenaga hasil pembakaran ke *crankshaft*. Jadi dapat kita lihat bahwa piston memiliki fungsi yang sangat penting dalam melakukan siklus kerja mesin dan dalam menghasilkan tenaga pembakaran. Untuknya maka piston harus memiliki syarat – syarat sebagai berikut:

- Ringan, agar mudah bagi mesin dalam mencapai putaran tinggi. Jika konstruksi piston terlalu berat, maka sulit bagi mesin untuk mencapai putaran tinggi, sehingga akselerasi sepeda motor atau mobil menjadi sangat lambat atau bahasa mudahnya, sepeda motor atau mobil lambat untuk cepat mencapai kecepatan tinggi walau gas sudah ditarik.
- Tahan terhadap tekanan ledakan karena hasil pembakaran. Pada saat langkah usaha, bensin dan udara terbakar oleh percikan bunga api listrik dari busi. Hasil pembakaran ini akan menimbulkan ledakan dan tekanan yang sangat kuat di dalam ruang bakar, tak terkecuali piston menerima ledakan dan tekanan dari hasil pembakaran tersebut.. Karenanya selain piston harus ringan tetapi piston juga harus kuat dalam menahan ledakan dan tekanan hasil pembakaran untuk diteruskan menggerakkan poros engkol.
- Tahan terhadap pemuaian. Pembakaran campuran bensin dan udara dalam ruang bakar akan menimbulkan panas, suhu di daerah ruang bakar akan naik sangat tinggi. Seperti telah kita ketahui bahwa dengan naiknya suhu, maka logam akan mengalami perubahan bentuk atau memuai. Piston yang terbuat dari logam – logam khusus pun akan mengalami pemuaian

yang tidak sedikit. Jika pemuaian yang dialami piston berlebihan maka akan membuat piston terkunci atau ngancing ke dinding silinder blok, sehingga piston akan berhenti bekerja naik turun dalam silinder, sehingga bisa dikatakan bahwa mesin telah mati dengan berhentinya piston dalam melakukan gerakan naik turun.

Penggunaan paduan aluminium untuk komponen otomotif dituntut memiliki kekuatan yang baik. Agar aluminium mempunyai kekuatan yang baik biasanya logam aluminium dipadukan dengan dengan unsurunsur seperti: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan sebagainya. Pengembangan bahan piston lebih banyak pada paduan Al-Si dengan kandungan Si cukup tinggi. Padun Al-Si memiliki beberapa keunggulan yaitu berat jenis yang rendah, koefisien pemuaian termal dari unsur silikon sangat rendah. Piston dari paduan aluminium memungkinkan mesin bekerja dengan suhu mesin yang lebih rendah dibandingkan dengan piston dari besi tuang, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya penumpukan kerak karbon pada permukaan piston atau pada ringnya. Akan tetapi piston yang dibuat dari bahan aluminium paduan melalui proses pengecoran (*casting*) tingkat pemuaiannya cukup tinggi sehingga menyebabkan dimensi piston berubah. (Danhardjo, 2013)

Salah satu cara untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah dengan membuat diameter bagian atas piston relatif lebih kecil dibandingkan bagian bawahnya untuk menyeimbangkan perubahan dimensi akibat pemuaian pada saat proses pembakaran. Kelemahan dari aspek manufaktur pada piston hasil pengecoran yaitu terbentuknya penyusutan dan porositas pada bagian kepala piston yang dapat berpengaruh pada kekuatan mekanis serta terjadinya perubahan

pusat titik berat piston (*unbalance*), hal ini akan menimbulkan getaran pada saat bekerja pada putaran tinggi. Untuk menanggulangi kelemahan tersebut maka dibuat piston dengan pengembangan bahan piston yang menggunakan paduan Al-Si yang sekarang diproses dengan cara ditempa. Proses tempa (*forging*) dapat menghasilkan kualitas material dan performansi baik karena dapat mengeliminasi porositas mikro serta penyebaran inklusi sehingga penyusutan dapat dihindari.

BAB III

METODE PENGAMBILAN DATA

Untuk mengetahui tingkat kekerasan benda uji yang akan diuji, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Pada pengujian kekerasan ini dilakukan dengan menggunakan metode *Rockwell* dengan alat *Rockwell Hardness Tester* HD-588 yang merupakan alat untuk pengujian kekerasan material. Skala yang digunakan adalah HRC untuk benda uji piston dengan indenter *diamond cone* 120° dengan diberikan pembebanan sebesar 150 kgf.

Pengujian ini diawali dengan menyiapkan benda uji part piston. Kemudian memberi titik pada benda uji beserta jarak agar pengujian diasumsikan merata pada bidang permukaan tersebut. Menempatkan bahan pada *anvil* kemudian diukur nilai kekerasan benda uji menggunakan alat *Rockwell Hardness Tester*. Diulangi sebanyak 5 kali dititik yang berbeda. Untuk mencapai tujuan pengujian ini, maka metodenya dilakukan dengan tahapan meliputi : (i) alat dan bahan, (ii) pengujian, dan (iii) prosedur pengujian.

3.1 Alat dan Bahan

Pada pengujian ini, digunakan beberapa alat dan bahan. Alat yang digunakan dalam pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell Hardness* adalah sebagai berikut :

- a. *Rockwell Hardness Tester*

- b. Penggaris
- c. *Indentor diamond cone*
- d. Tang dan obeng

Bahan pengujian yang digunakan dalam pengujian ekerasan menggunakan metode *rockwell hardness* adalah sebagai berikut :

- a. Piston

3.2 Metode Pengujian

Dalam pengujian ini menggunakan metode *Rockwell* dengan menggunakan alat *Rockwell Hardness Tester HD-588* yang merupakan alat untuk pengujian kekerasan material.



Gambar 3.1 *Rockwell hardness* HD-588

HD-588 atau juga bisa disebut HR-150 A merupakan alat dengan ketelitian gaya uji yang telah memenuhi standar ISO 6508-20: 1999, dengan bahan metalik dan tingkat keakurasian dapat dilihat pada tabel 3.1 dan untuk nilai toleransi dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.1 Akurasi Nilai Kekerasan

<i>Indenter</i>	<i>Steel Ball (d 1,588 mm)</i>		<i>120⁰ Diamond Cone</i>		
	<i>Test force N (kgf)</i>	100 kgf	60 kgf	150 kgf	
<i>Nominal value of</i>					26,8
<i>Standard Block</i>	91,6 HRB	82,5 HRA	62 HRC	47,2 HRC	HRC
<i>Measured value</i>					
<i>(average)</i>	91,5 HRB	82,7 HRA	62,2 HRC	47 HRC	27 HRC

Sumber : (Panduan, 2020)

Tabel 3.2 The Permitted Tolerances of The Standard

<i>Scale</i>	<i>Range of hardness</i>	<i>Tolerance</i>
A	20 HRA <-≤ 75 HRA	± 2 HRA
	75 HRA <-≤ 88 HRA	± 1.5 HRA
B	20 HRB <-≤ 45 HRB	± 4 HRB
	45 HRB <-≤ 80 HRB	± 3 HRB
	80 HRB <-≤ 100 HRB	± 2 HRB
C	20 HRC <-≤ 70 HRC	± 1.5 HRC

Sumber : (Panduan, 2020)

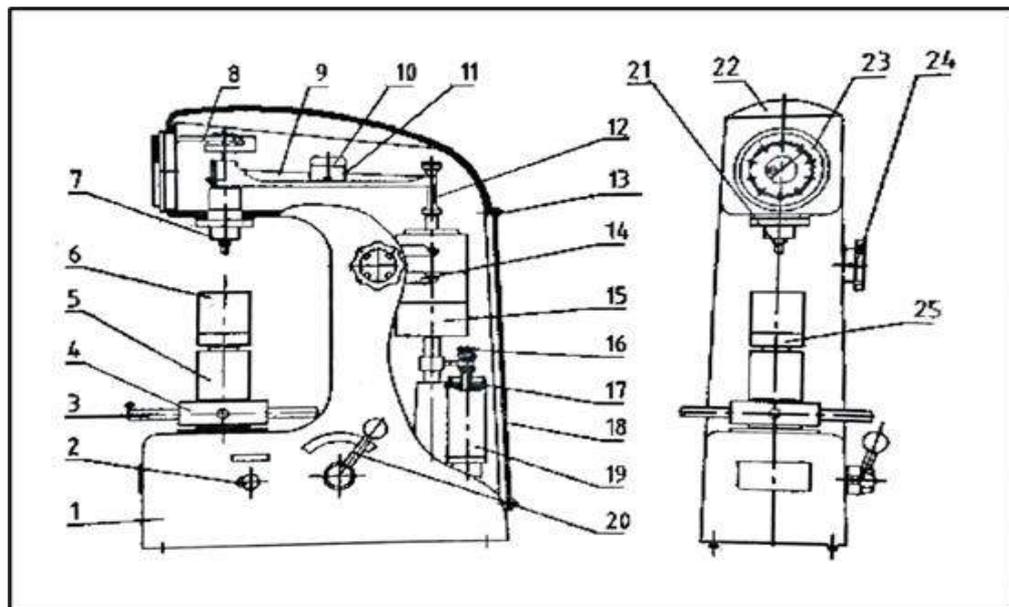
3.2.1 Spesifikasi Alat Pengujian

Dibawah ini adalah spesifikasi alat sebagai berikut :

1. Nama Alat : *Rockwell Hardness Tester* HD-588
2. Model : HR-150A
3. Merk : ALDO
4. *Test Range* : 20-88 HRD, 20-100 HRB, 20-70 HRC
5. *Test Pressure* : 588.4 N, 980.7 N, 1471 N
6. *Max. Press Height* : 170 mm
7. *Min. Hardness Test* : 0,5 HR

3.2.2 Bagian-bagian *Rockwell Hardness Tester* HD-588

Bagian-bagian dari mesin *Rockwell Hardness Tester* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagian-bagian mesin *rockwell*

Keterangan :

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. <i>Machine</i> | 14. <i>Weight changeover support</i> |
| 2. <i>Loading Handle</i> | 15. <i>Weight</i> |
| 3. <i>Elevation Handle</i> | 16. <i>Oil needle</i> |
| 4. <i>Hand wheel</i> | 17. <i>Oil carpet</i> |
| 5. <i>Elevating screw rod sleeve</i> | 18. <i>Rear cover</i> |
| 6. <i>Specimen ti be tested</i> | 19. <i>Buffer</i> |
| 7. <i>Main shaft</i> | 20. <i>Unloading handle</i> |
| 8. <i>Smaller lever</i> | 21. <i>Indentor</i> |
| 9. <i>Larger lever</i> | 22. <i>Top cover</i> |
| 10. <i>Adjustment block</i> | 23. <i>Indication dial gauge</i> |
| 11. <i>Position mark</i> | 24. <i>Load changeover handle</i> |
| 12. <i>Hoist ring</i> | 25. <i>Wortable</i> |
| 13. <i>Screw</i> | |

3.2.3 Standar Operasional Alat

Sebelum melakukan pengujian dengan alat perlu adanya pemahaman tentang prosedur pengoperasian alat. Dibawah ini adalah standar operasional alat *Rockwell Hardness Tester*.

1. Kalibrasikan alat terlebih dahulu dengan cara mengambil bantalan yang terdapat pada setiap beban pada bagian belakang alat.



Gambar 3.3 Kalibrasi alat

2. Atur waktu *Unloading* 8 detik dengan cara melonggarkan baut yang terdapat dibagian atas alat.



Gambar 3.4 Baut pelonggar tuas *unloading*

3. Pasang *anvil* atau dudukan sesuai dengan lebar bahan uji.



Gambar 3.5 *Anvil*

4. Pasang *indenter* pada bagian atas *anvil* dengan menggunakan obeng minus sesuai dengan yang dibutuhkan saat pengujian, untuk *Rockwell B* menggunakan *steel ball* sedangkan untuk *Rockwell C* menggunakan *diamond cone 120°*.



Gambar 3.6 Diamond cone

5. Atur beban yang diinginkan dengan cara memutar bagian tuas pembebanan yang berada disamping kanan atas mesin.
6. Putar *handle* yang terletak dibawah *anvil* hingga benda uji menyentuh bagian ujung *indentor* dan jarum kecil menunjukkan warna merah.
7. Atur jarum panjang agar dititik 0 atau pada alat berhuruf B/C.



Gambar 3.7 Pengaturan skala

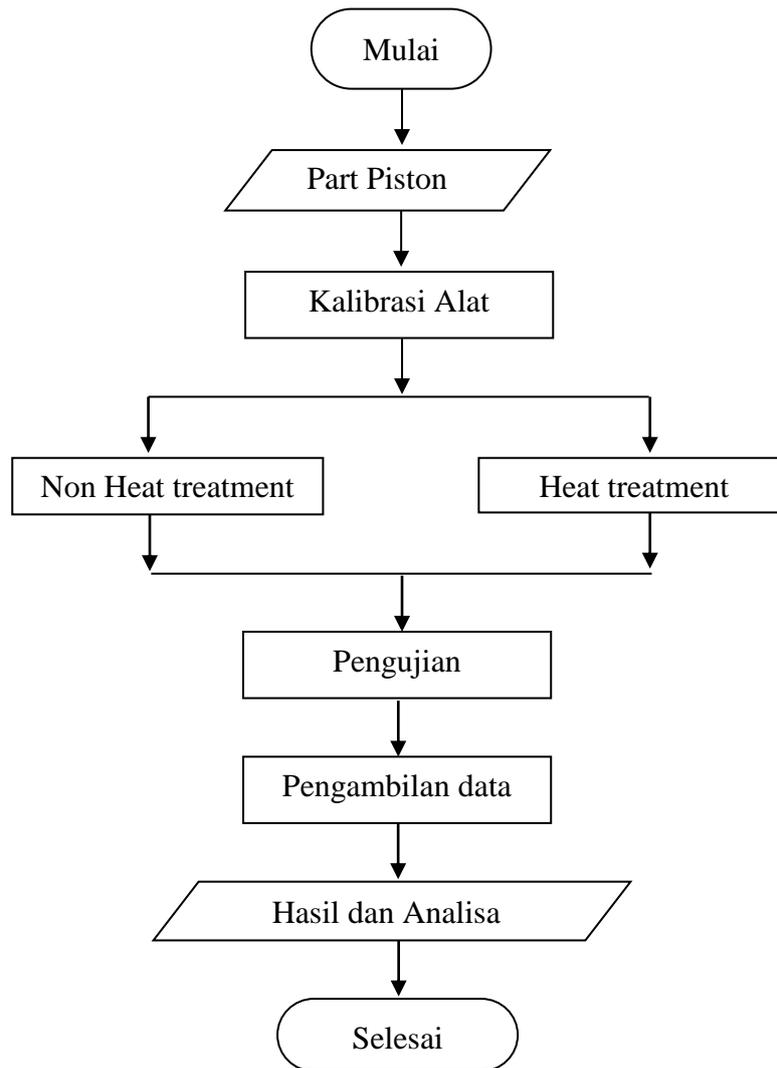
8. Tarik tuas *loading*, tunggu hingga jarum panjang berhenti berputar atau saat tuas *unloading* sudah berhenti bergerak.
9. Tarik tuas *unloading* kembali ke posisi semula, dan dapatkan hasil pengukuran yang tertera pada skala.
10. Untuk pengukuran *Rockwell B* menggunakan skala merah, sedangkan untuk *Rockwell C* menggunakan skala hitam.
11. Setelah didapatkan hasil, putar *handle* agar benda uji menjauhi *indentor*.
12. Rapikan dan kembalikan alat ketika sudah tidak digunakan.

3.2.4 Karakteristik Bahan Uji

Piston sepeda motor 4 tak baru komposisi Al mencapai 84.47% sedangkan untuk Si 13.4% dengan demikian piston sepeda motor 4 tak baru termasuk dalam hypereutectic. Struktur mikro dari piston sepeda motor 4 tak sendiri terlihat aluminium lebih dominan dibanding unsur silikon. Unsur silikon disini memanjang seperti jarum, ini dikarenakan penambahan unsur Fe. Piston sepeda motor 4 tak yang bekas Al mengalami kenaikan sedangkan Si mengalami penurunan, ini dimungkinkan piston bekas sudah mengalami perlakuan selama bekerja didalam mesin. Struktur mikro dari piston bekas 4 tak warna terang lebih dominan dibandingkan warna gelap dimana warna terang merupakan aluminium dan warna gelap merupakan paduan lain didominasi silikon. (Purnomo, 2015)

3.3 Prosedur Pengujian

Berikut adalah prosedur yang dilakukan sebelum pengujian hingga akhir pengujian dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3.8 *Flowchart* pengujian kekerasan

Pada *flowchart* diatas telah digambarkan secara singkat langkah-langkah dalam pelaksanaan pengujian, berikut adalah langkah-langkah untuk pengujian piston dengan metode *Rockwell* secara rinci dilengkapi dengan gambar. Langkah-langkahnya yaitu :

1. Siapkan alat dan bahan uji, berilah tanda titik pada benda uji.
2. Lakukan kalibrasi alat terlebih dahulu.



Gambar 3.9 Kalibrasi alat

3. Pasang *indenter* dengan benar pada alat uji. Untuk *Rockwell C indenter diamond cone 120°*.



Gambar 3.10 Pemasangan *indenter*

4. Tempatkan bahan uji pada *anvil* (dudukan) yang berada dibawah *indenter*.



Gambar 3.11 Anvil (dudukan)

5. Atur beban sesuai dengan jenis *indentor* yang akan digunakan. Untuk *Rockwell C indentor diamond cone 120°* dengan pembebanan 150 Kgf.



Gambar 3.12 Pengaturan beban

6. Putar *handle* bagian bawah *anvil* sampai ujung *indentor* hingga menyentuh titik yang sudah ditentukan pada benda uji. Pada langkah ini pastikan jarum kecil pada indikator sudah berada pada titik merah dan jarum yang panjang diputar hingga menunjukkan titik 0.



Gambar 3.13 Benda Uji Mengenai *indenter*

7. Tarik tuas *loading* yang berada di sebelah kanan mesin hingga tuas *unloading* bergerak selama 8 detik, kemudian tunggu hingga jarum berhenti berputar.



Gambar 3.14 Tuas *loading*

8. Setelah jarum berhenti barulah kembalikan tuas *unloading* ke posisi semula untuk mendapatkan hasil dari kekerasan bahan yang uji.



Gambar 3.15 Tuas *unloading*

9. Catat hasil yang tertera pada indikator, untuk *Rockwell C* hasil ditunjukkan oleh jarum panjang pada skala hitam.



Gambar 3.16 Pembacaan skala

10. Ulangi pengujian pada benda uji yang lain sesuai dengan langkah-langkah di atas.

3.3.1 *Heat Treatment*

Pada sample yang pertama tidak dilakukan proses *heat treatment*, hanya piston saja dan langsung dilakukan pengujian. Proses perlakuan panas dilakukan pada sample kedua, untuk proses *heat treatment* yang diberikan pada benda uji

adalah *Normalizing*. Proses *heat treatment* pada sampel kedua dilakukan selama \pm 3 menit dengan pendinginan normal atau didiamkan dengan suhu lingkungan sampai benar-benar suhu sampel tersebut kembali normal. Berikut peralatan yang digunakan untuk proses *heat treatment* :

a. Tabung Oksigen



Gambar 3.17 Tabung oksigen

b. Tabung Gas Elpiji 3kg



Gambar 3.18 Tabung gas elpiji 3kg

c. *Nozzle*



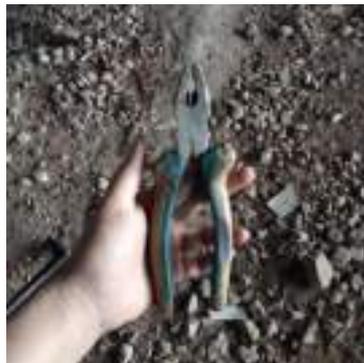
Gambar 3.19 *Nozzle*

d. Tungku



Gambar 3.20 Tungku

e. Tang Jepit



Gambar 3.21 Tang jepit

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian kekerasan material dengan metode *Rockwell Hardness*, telah didapatkan hasil data kekerasan dari setiap pengujian baik dari part piston sebelum perlakuan panas dan sesudah perlakuan panas yang menggunakan alat uji *Rockwell Hardness Tester* HD-588. Data yang didapatkan adalah sebagai berikut :

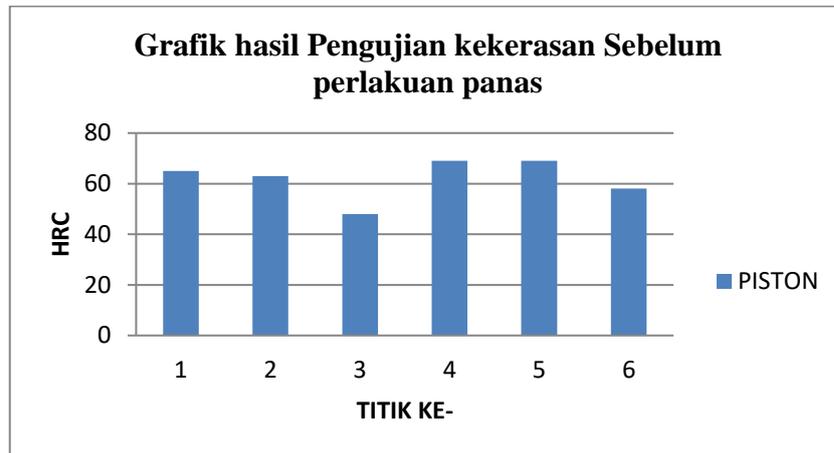
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Part Piston Sebelum Perlakuan Panas.

Setelah dilakukan pengujian pada benda uji pertama yaitu part piston sebelum perlakuan panas dengan menggunakan skala HRC dengan indentor *diamond cone* dan pembebanan 150 kgf. Berikut adalah hasil dari pengujian kekerasan *Rockwell* untuk part piston sebelum perlakuan panas yang terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Rockwell* sebelum perlakuan panas

No	Titik ke-	HRC Load 150 kgf
1.	1	65
2.	2	63
3.	3	48
4.	4	69
5.	5	69
6.	6	58
Rata-Rata		62

Dari hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas dapat dilihat pada tabel menunjukkan rata-rata kekerasan sebesar 62 HRC dengan pengujian menggunakan skala HRC dan pembebanan sebesar 150 kgf.



Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas

Untuk memperjelas hasil dari pengujian yang telah dilakukan, berikut ini adalah uraian dari hasil pengujian :

1. Pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 1

Hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 1 dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini



Gambar 4.2 Hasil pengujian pada titik 1

Pada pengujian kekerasan yang pertama pada titik 1 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 65 HRC.

2. Pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 2

Hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 2 dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini



Gambar 4.3 Hasil pengujian pada titik 2

Pada pengujian kekerasan yang kedua pada titik 2 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 63 HRC.

3. Pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 3

Hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 3 dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini



Gambar 4.4 Hasil pengujian pada titik 3

Pada pengujian kekerasan yang ketiga pada titik 3 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 48 HRC.

4. Pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 4

Hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 4 dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini



Gambar 4.5 Hasil pengujian pada titik 4

Pada pengujian kekerasan yang ke empat pada titik 4 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 69 HRC.

5. Pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 5

Hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 5 dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini



Gambar 4.6 Hasil pengujian pada titik 5

Pada pengujian kekerasan yang kelima pada titik 5 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 69 HRC.

6. Pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 6

Hasil pengujian kekerasan part piston sebelum perlakuan panas pada titik 6 dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini



Gambar 4.7 Hasil pengujian pada titik 6

Pada pengujian kekerasan yang pertama pada titik 6 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 58 HRC.

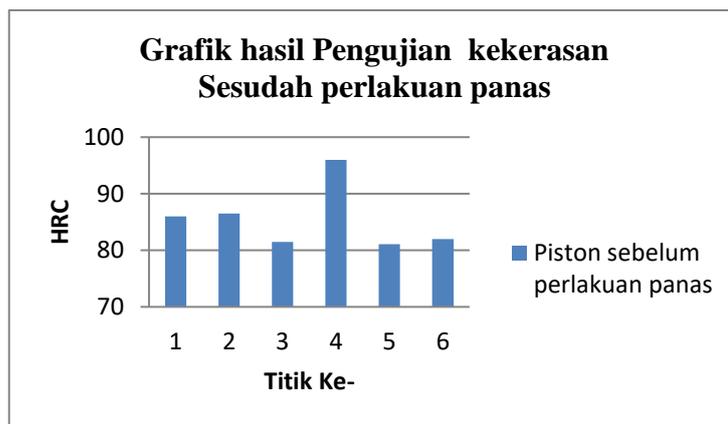
4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Part Piston Sesudah Perlakuan Panas.

Setelah dilakukan pengujian pada benda uji pertama yaitu part piston sesudah perlakuan panas dengan menggunakan skala HRC dengan indentor *diamond cone* dan pembebanan 150 kgf. Berikut adalah hasil dari pengujian kekerasan *Rockwell* untuk part piston sesudah perlakuan panas yang terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Rockwell* sesudah perlakuan panas

No	Titik ke-	HRC Load 150 kgf
1.	1	86
2.	2	86,5
3.	3	81,5
4.	4	96
5.	5	81,1
6.	6	82
Rata-Rata		85,51

Dari hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas dapat dilihat pada tabel menunjukkan rata-rata kekerasan sebesar 85,35 HRC dengan pengujian menggunakan skala HRC dan pembebanan sebesar 150 kgf.



Gambar 4.8 Grafik hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas

Untuk memperjelas hasil dari pengujian yang telah dilakukan, berikut ini adalah uraian dari hasil pengujian :

1. Pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 1

Hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 1 dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini



Gambar 4.9 Hasil pengujian pada titik 1

Pada pengujian kekerasan yang pertama pada titik 1 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 86 HRC.

2. Pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 2

Hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 2 dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini



Gambar 4.10 Hasil pengujian pada titik 2

Pada pengujian kekerasan yang kedua pada titik 2 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 86,5 HRC.

3. Pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 3

Hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 3 dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini



Gambar 4.11 Hasil pengujian pada titik 3

Pada pengujian kekerasan yang ketiga pada titik 3 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 81.5 HRC.

4. Pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 4

Hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 4 dapat dilihat pada gambar 4.12 dibawah ini



Gambar 4.12 Hasil pengujian pada titik 4

Pada pengujian kekerasan yang ke empat pada titik 4 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 96 HRC.

5. Pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 5

Hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 5 dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah ini



Gambar 4.13 Hasil pengujian pada titik 5

Pada pengujian kekerasan yang kelima pada titik 5 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 81,1 HRC.

6. Pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 6

Hasil pengujian kekerasan part piston sesudah perlakuan panas pada titik 6 dapat dilihat pada gambar 4.14 dibawah ini



Gambar 4.14 Hasil pengujian pada titik 6

Pada pengujian kekerasan yang ke enam pada titik 6 dengan pengujian menggunakan indentor *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf diperoleh nilai kekerasan sebesar 82 HRC.

4.2 Data Perhitungan Kedalaman

Setelah dilakukannya pencatatan data kemudian dilanjutkan dengan menghitung manual untuk mencari kedalaman (h) penetasi pada benda yang telah diuji tersebut. Data perhitungannya sebagai berikut :

4.2.1 Perhitungan Kedalaman Indentasi Part Piston Sebelum Perlakuan Panas

Pengujian part piston sebelum perlakuan panas menggunakan skala HRC dengan menggunakan indenter *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf, berikut adalah perhitungannya :

1. Kedalaman untuk titik pengujian pertama
HRC = 65 HRC

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 65) \times 0,002 \\ &= 0,07 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Kedalaman untuk titik pengujian kedua
HRC = 63 HRC

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 63) \times 0,002 \\ &= 0,074 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Kedalaman untuk titik pengujian ke tiga

$$\text{HRC} = 48 \text{ HRC}$$

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 48) \times 0,002 \\ &= 0,104 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Kedalaman untuk titik pengujian ke empat
HRC = 69 HRC

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 69) \times 0,002 \\ &= 0,062 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Kedalaman untuk titik pengujian ke lima
HRC = 69 HRC

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 69) \times 0,002 \\ &= 0,062 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. Kedalaman untuk titik pengujian ke enam
HRC = 58 HRC

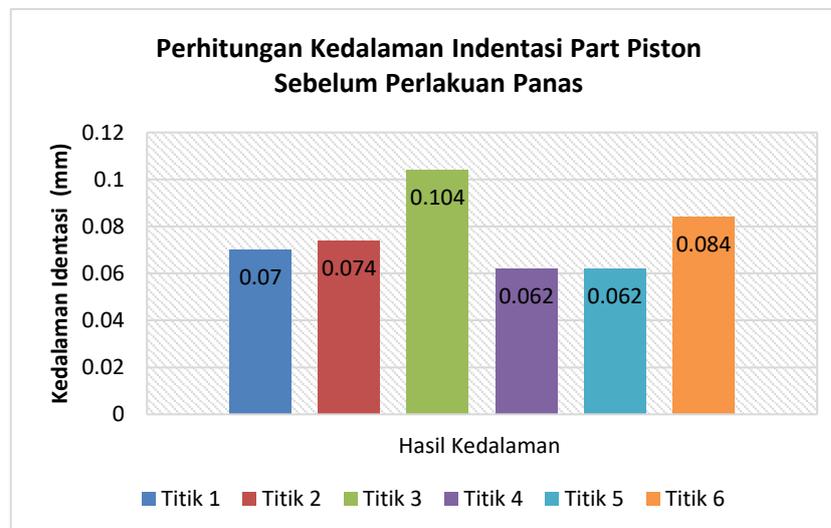
Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 58) \times 0,002 \\ &= 0,084 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Perhitungan Kedalaman (h) Part Piston sebelum perlakuan panas

No	Titik ke-	Kedalaman (h)
1.	1	0,07 mm
2.	2	0,074 mm
3.	3	0,104 mm
4.	4	0,062 mm
5.	5	0,062 mm
6.	6	0,084 mm
Rata-Rata		0,076 mm

Dari hasil perhitungan kedalaman pada tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa rata-rata kedalaman pengujian kekerasan pada part piston sebelum perlakuan panas dan menggunakan indentor *diamond cone* dengan pembebanan 150 kgf adalah 0,076 mm.



Gambar 4.15 Grafik hasil perhitungan kedalaman indentasi part piston sebelum perlakuan panas

4.2.2 Perhitungan Kedalaman Indentasi Part Piston Sesudah Perlakuan

Panas

Pengujian part piston sesudah perlakuan panas menggunakan skala HRC dengan menggunakan indenter *diamond cone* dan pembebanan sebesar 150 kgf, berikut adalah perhitungannya :

1. Kedalaman untuk titik pengujian pertama

$$\text{HRC} = 86 \text{ HRC}$$

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 86) \times 0,002 \\ &= 0,028 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Kedalaman untuk titik pengujian kedua

$$\text{HRC} = 86,5 \text{ HRC}$$

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 86,5) \times 0,002 \\ &= 0,027 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Kedalaman untuk titik pengujian ke tiga

$$\text{HRC} =$$

Kedalamannya :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 81,5) \times 0,002 \\ &= 0,037 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Kedalaman untuk titik pengujian ke empat
HRC = 96 HRC

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 96) \times 0,002 \\ &= 0,008 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Kedalaman untuk titik pengujian ke lima
HRC = 81,1 HRC

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 81,1) \times 0,002 \\ &= 0,037 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. Kedalaman untuk titik pengujian ke enam
HRC = 82 HRC

Kedalamannya (h) penetrasi dapat dihitung dengan rumus :

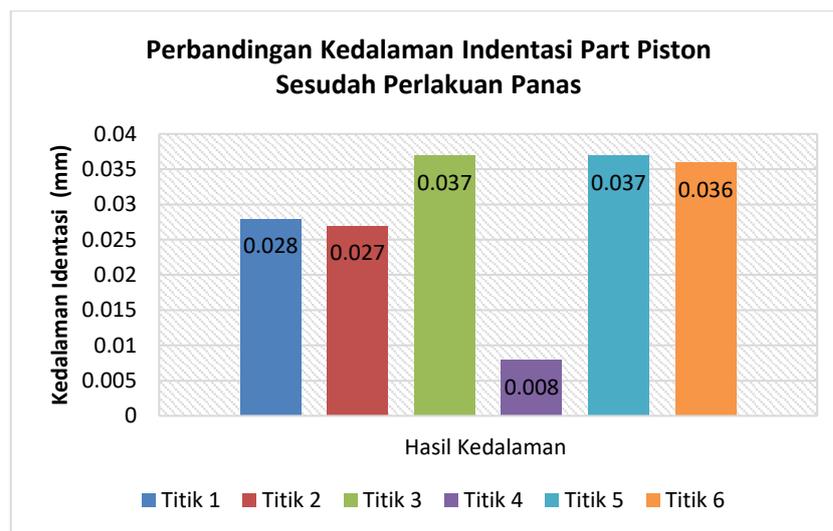
$$\begin{aligned} h &= (100 - \text{HRC}) \times 0,002 \\ &= (100 - 82) \times 0,002 \\ &= 0,036 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Perhitungan Kedalaman (h) Part Piston sesudah perlakuan panas

No	Titik ke-	Kedalaman (h)
1.	1	0,028 mm
2.	2	0,027 mm
3.	3	0,037 mm
4.	4	0,008 mm

5.	5	0,037 mm
6.	6	0,036 mm
Rata-Rata		0,028 mm

Dari hasil perhitungan kedalaman pada tabel 4.4 diatas dapat dilihat bahwa rata-rata kedalaman pengujian kekerasan pada part piston sesudah perlakuan panas dan menggunakan indentor *diamond cone* dengan pembebanan 150 kgf adalah 0,028 mm.

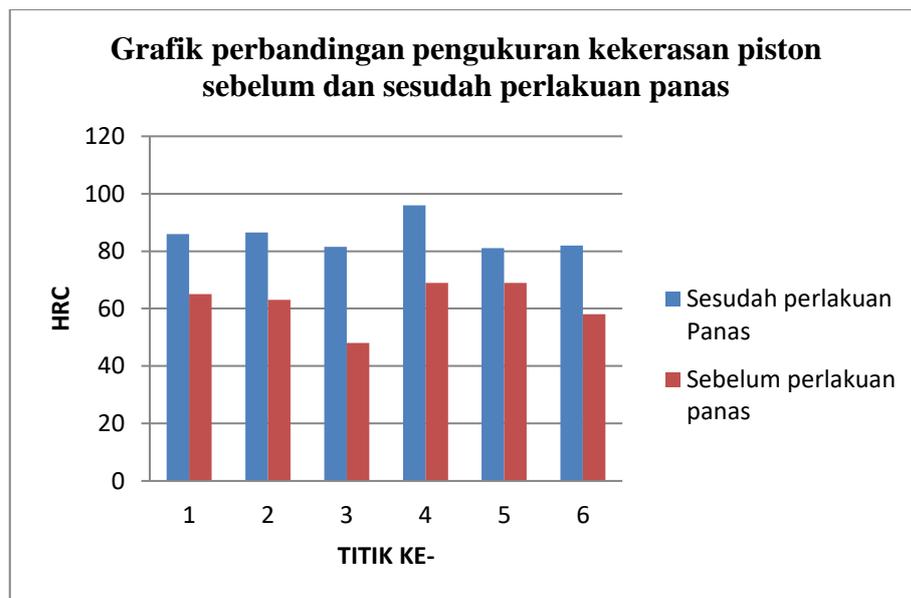


Gambar 4.16 Grafik hasil perhitungan kedalaman indentasi part piston sesudah perlakuan panas

4.3 Analisa Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada part piston dan memperoleh perhitungan kedalaman penetrasi yang dialami benda uji, maka dapat diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Berdasarkan tabel 4.1 dan tabel 4.2 menunjukkan bahwa tingkat kekerasan rata-rata piston sesudah perlakuan panas memiliki nilai yang lebih keras dibandingkan dengan tingkat rata-rata kekerasan piston sebelum perlakuan panas. Dengan rata-rata kekerasan sesudah perlakuan panas sebesar 85,51 HRC dan rata-rata kekerasan sebelum perlakuan panas sebesar 62 HRC.



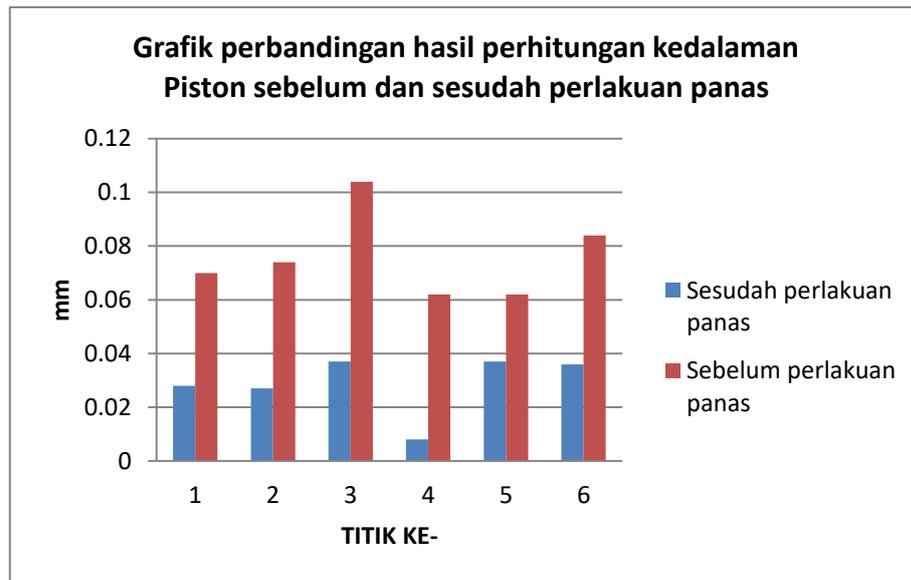
Gambar 4.17 Grafik perbandingan pengukuran kekerasan part piston sebelum dan sesudah perlakuan panas

Dari grafik di atas, nilai kekerasan rata-rata material mengalami kenaikan sebesar 23,51 HRC atau sebesar 37,9% dari kekerasan awal material sebelum diberikan perlakuan panas.



Gambar 4.18 Permukaan piston yang dilakukan indentasi setelah diberikan perlakuan panas

2. Berdasarkan tabel 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa kedalaman penetrasi yang dialami benda uji sangat bervariasi, dengan kedalaman paling dalam terjadi saat pengujian di titik ketiga sebelum perlakuan panas yaitu 0,104 mm, dan kedalaman yang paling rendah pada pengujian titik ke empat sesudah perlakuan panas yaitu 0,008 mm.



Gambar 4.19 Grafik perbandingan perhitungan kedalaman part piston sebelum dan sesudah perlakuan panas

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian kekerasan metode *Rockwell Hardness* dengan benda uji pada part piston sebelum dilakukan perlakuan panas dan piston sesudah perlakuan panas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Uji kekerasan *Rockwell Hardness* merupakan pengujian kekerasan yang paling simpel dibandingkan dengan metode lainnya karena pembacaannya dapat langsung diketahui. Pengujian ini bertujuan menentukan nilai kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indenter berupa bola baja atau *stell ball* ataupun indenter *diamond cone* 120° yang ditekan pada permukaan material uji tersebut.
2. *Normalizing* adalah proses pendinginan logam setelah diberi perlakuan panas, dengan cara membiarkannya di udara terbuka, tanpa mengalami percepatan atau perlambatan pendinginan.
3. Hasil pengujian kekerasan pada part piston sebelum dilakukan perlakuan panas dengan skala HRC menggunakan indenter *diamond cone* 120° dengan pembebanan 150 kgf memiliki rata-rata nilai kekerasan sebesar 62 HRC dengan rata-rata kedalaman penetrasi sedalam 0,076 mm.
4. Hasil pengujian kekerasan pada part piston sesudah dilakukan perlakuan panas dengan skala HRC menggunakan indenter *diamond cone* 120°

dengan pembebanan 150 kgf memiliki rata-rata nilai kekerasan sebesar 85,51 HRC dengan rata-rata kedalaman pada penetrasi sedalam 0,028 mm.

5. Nilai kekerasan pada material yang diujikan mengalami kenaikan setelah diberi perlakuan panas. Nilai kekerasan rata-rata sebelum diberi perlakuan panas adalah 62 HRC, setelah diberi perlakuan panas nilai kekerasan menjadi 85,51 HRC. Kedalaman indentasi pada material yang mengalami perlakuan panas mengalami penurunan. Nilai indentasi rata-rata sebelum diberi perlakuan panas adalah 0,076 mm, setelah diberi perlakuan panas mengalami penurunan menjadi 0,028 mm.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian material yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang akan penulis sampaikan agar meningkatkan kualitas yang belum dapat terealisasi yaitu:

1. Perlu pembelajaran lebih lanjut mengenai uji kekerasan terutama *Rockwell hardness* dengan cara mencari buku atau literatur mengenai uji kekerasan *rockwell hardness*.
2. Alat uji harus selalu dicek sebelum digunakan untuk masalah pelumasan alat ataupun indenter sebelum digunakan.
3. Sebelum digunakan sebaiknya dilakukan kalibrasi terlebih dahulu agar alat uji terjamin ketelitiannya.
4. Setelah digunakan sebaiknya alat uji dibersihkan dan dicek pelumas pada bagian oil needle dan oil carpet agar tidak kering.

DAFTAR PUSTAKA

- ALDO Operation Guide Hardness Test Machine.* (2017). ALDO.
- Austin, A. (2019). Hardness testing and why it matters. *Metal Powder Report*, 01.
- Callister, W. D. (2011). *Materials Science and Engginnering, 8th ed. hoboken.*
New Jersy : John Wiley and Son.
- Danhardjo. (2013). Analisis Sifat Mekanik Paduan Al-Si Pada Cast Piston Dan Forged Piston. *Program Studi Teknik Mesin*, 38-44.
- Maulana, E. (2020). Pengaruh Proses Hardenin dan Variasi Suhu Tempering pada Kekerasan dan Kuat Impact Baja SS 201. *Journal of Technical Engineering : Piston.*
- Panduan, H. 1.-A. (2020). *Buku Panduan Rockwell Hardness Tester ALDO HD-588.*
- Purnomo, D. S. (2015). Studi Komparasi Karakteristik Piston Sepeda Motor 4 Tak dan 2 Tak. *Skripsi.*
- Putra, A. D. (2017). Analisis Sifat Mekanis Material Cylinder Block Motor Yamaha Mio J Dengan Penambahan Unsur Silikon (Si).
- Samuel. (2011). *Rockwell hardness Measurement of metallic materials.*
- Saputra, H. (2011). *Material Teknik 2nd Session.* 1.
- Dahlan, H. (2000). Pengaruh Variasi Beban Indentor Micro Hardness Tester Terhadap Akurasi Data Uji Kekerasan Material. *Uji Kekerasan.*

- Kumayasari, M. F. (2017). Studi Uji Kekerasan Rockwell Superficial vs Micro Vickers. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri* .
- Nazwa., I. D. (2014). Uji Kekerasan Material Dengan Metode Rockwell.
- Row, S. L. (2001). *Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials*. Washington: National Institute of Standards and Technology.
- Septianto, B. &. (2013). Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge Aisi 1340. *Jurnal Teknik POMITS*, 342-347.
- Wahyuni., I. A. (2003). Uji Kekerasan Material Dengan Metode Rockwell.
- Zulfika, D. N. (2019). Analisis Sifat Mekanik Baja Tulangan P32 Terhadap Pengaruh Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur Quenching.

LAMPIRAN







