

## ANALISIS KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN GESEK BAJA AISI 4140 DENGAN VARIASI WAKTU GESEK

Moses Mapareyau

Teknik Mesin S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia

*Email:moses1811003gmail.com*

### ABSTRACT

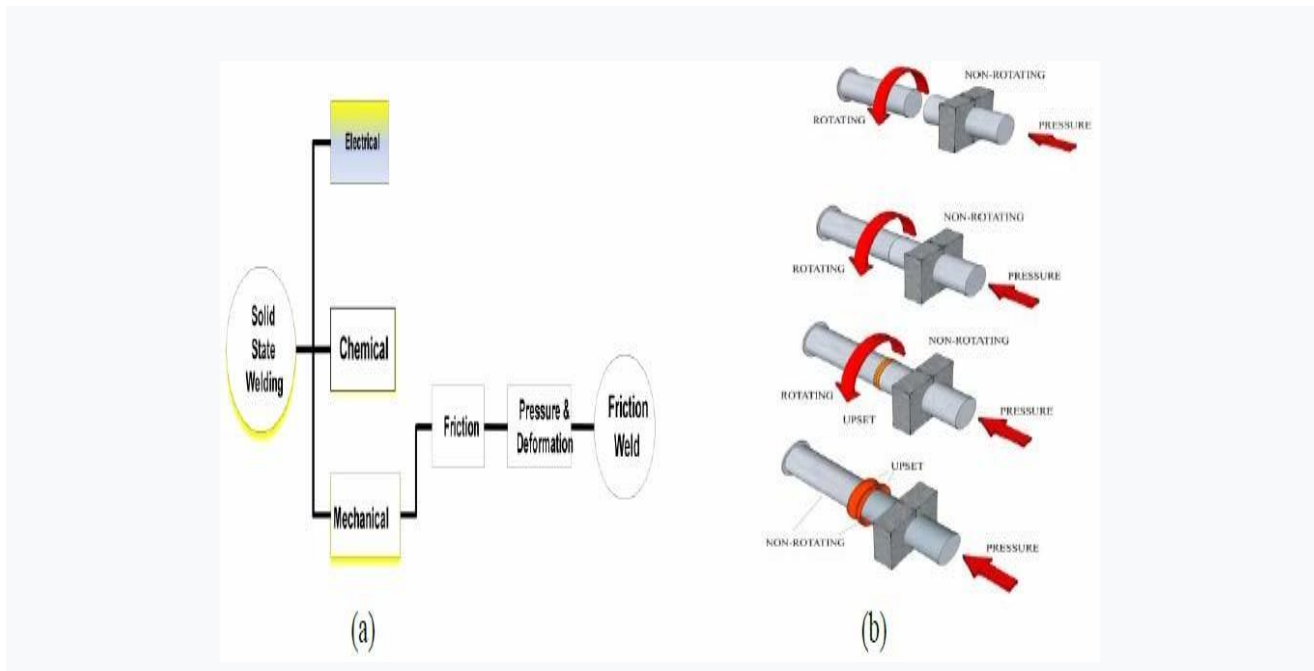
Manusia membuat kerasi dan inovasi untuk mengembangkan dan memenuhi kebutuhan perkembangan teknologi yang ada. Mereka memperbaiki sifat mekanik dan fisik dari logam yang dipakai sebagai kebutuhan pengembangan industri. Jenis logam yang biasa dipakai adalah baja karena jenisnya yang bervariasi, bersifat kuat, ketahanan aus yang tinggi dan sifat mampu bentuk yang tinggi, sehingga dengan sendirinya akan meningkatkan umur pakai komponen. Tujuan: untuk menganalisis sifat kekerasan dan struktur mikro baja AISI 4140 akibat proses hardening pada material. Metode: Penelitian yang bersifat pengembangan dan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari kombinasi berupa carburizing dan nitriding yang dilakukan pada spesimen uji baja paduan rendah AISI 4140 Hasil: Kesimpulan: Penambahan temperatur saat proses karbursi dan juga menggunakan media pendingin udara menambah kekerasan yang sangat spesifik dan nilai kekerasan permukaan lapisan yang paling tepi semakin tinggi.

**Kata kunci:** Kekerasan, Struktur, baja AISI 4140, Variasi Waktu Gesek.

### INTRODUCTION

Pada era saat ini perkembangan teknologi semakin maju, yang tentunya juga diimbangi dengan teknologi yang tepat guna serta kualitas yang lebih baik. Baja merupakan salah satu jenis material yang sering dijumpai. Mulai dari konstruksi kendaraan, jalan, jembatan, kapal, dan masih banyak lagi. Di sekitar kita terdapat banyak jenis baja mulai dari baja kadar karbon rendah sampai karbon tinggi yang masing masing baja memiliki sifat material yang berbeda. Salah satunya adalah material, baja AISI 4140 yang bersifat kuat, ketahanan aus yang tinggi dan sifat mampu bentuk yang tinggi, sehingga dengan sendirinya akan meningkatkan unsur pakai komponen. Material, baja AISI ini termasuk sifat ketahanan korosinya yang sangat baik namun nilai kekerasan rendah dibandingkan dengan baja tahan karat jenis martensitik lainnya. Baja AISI 4140 mempunyai tekstur ultrafine dengan kekuatan ultrahigh, keuletan diperoleh melalui proses rolling lambat dan pendinginan tanpa melalui tempering. Pengaruh rasio reduksi berjalan lambat berkisar antara 60% hingga 90% pada mikrostruktur dan sifat mekanik baja yang diselidiki. Seiring dengan perkembangan teknologi semakin mendukung mendorong banyaknya penemuan beberapa teknologi alternatif sebagai cara dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Khususnya pada bahan material, bahan material yang dibutuhkan adalah bahan material yang berkualitas dan memiliki sifat mekanis yang tinggi. Dalam komposisi pada baja AISI 4140 adalah salah satu alternatif untuk menghasilkan bahan jadi dari material yang dari sifat mekanisnya lebih baik dari material lainnya. Teknik pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan di dunia industri khususnya bidang manufaktur. Metode pengelasan ada beberapa macam diantaranya pengelasan tekan, pengelasan cair dan pematrian. Pengelasan tekan merupakan metode pengelasan dimana sebuah sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan menjadi satu hingga menyambung, Pengelasan cair merupakan metode pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai cair dengan sumber panas dari busur listrik, sedangkan pematrian merupakan metode pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair yang rendah.

Friction welding atau biasa disebut las gesek merupakan salah satu metode dari solid state welding. Dan las gesek menggunakan metode penyambungan material yang memanfaatkan panas dari gesekan antara dua permukaan material. Kecepatan berputar material tersebut akan menentukan hasil dari penyambungan material itu sendiri. Penyambungan terjadi disaat kedua material telah mencapai titik cairnya masing masing. Las gesek sendiri terdiri dari berbagai macam, yaitu Continuous drive friction welding (CDFW), Friction stir welding (FSW) dan Linier friction welding (LFW).



**Gambar .1** Contoh Skema Sistem Pengelasan Gesek

## DISCUSSION

### Baja AISI 4140

Baja merupakan jenis material yang banyak digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan berbagai macam suku cadang mesin industri dan otomatis. Beberapa sifat mekanik baja yang sering digunakan dalam perancangan adalah kekerasan, keuletan dan ketangguhan. Seringkali dalam suatu desain, kita kesulitan mendapatkan baja dengan sifat mekanik yang sesuai dengan desain. Untuk itu dilakukan rekayasa sifat mekanik, untuk mendapatkan baja yang sesuai dengan perhitungan desain. Baja salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti *sulfur* (S), *fosfor* (P), *silikon* (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi.

Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

- Baja karbon rendah Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999).
- Baja karbon menengah Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C (*medium carbon steel*) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999).
- Baja karbon tinggi Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C – 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas

pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.



**Gambar 2.** Baja AISI 4140

Baja spesifikasi AISI 4140 merupakan baja karbon menengah dengan komposisi karbon berkisar 0,43-0,50. Baja ini umumnya dipakai sebagai komponen otomotif misalnya untuk komponen roda gigi dan *Sproket* pada kendaraan bermotor yang pada aplikasinya sering mengalami gesekan dan tekanan. Baja ini banyak yang digunakan di perusahaan industri, pasaran karena memiliki banyak manfaat keunggulan dari bahan material salah satunya adalah *otomotif* salah satu contoh untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Baja ini juga memiliki karakteristik, sebagai sifat mampu mengontrol pada mesin dengan baik (*machinability*), *wear resistance-nya* (keausan) baik dan sifat mekaniknya menengah. Baja AISI 4140 disebut baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang telah dikeluarkan oleh AISI dan SAE (*Society of Automotive Engineers*).

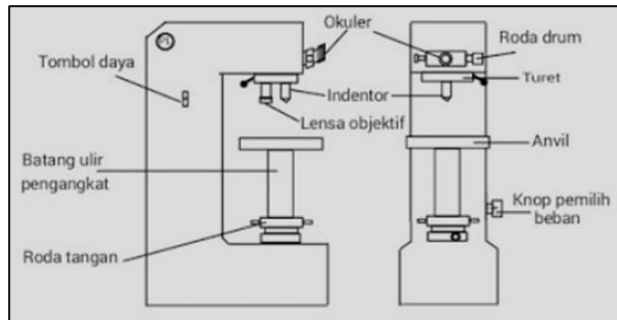
## CONCLUSION

- Hasil pengelasan gesek dengan variasi waktu 60 detik, 69 detik dan 78 detik pada baja AISI 4140 disusun satu fasa yaitu baja karbon rendah untuk menentukan peleburan sambungan las. pengepresan yang dipengaruhi oleh alat penekan sehingga menimbulkan hasil yang dapat kita inginkan.
- Hasil pengamatan mikrostruktur dengan mikroskop logam menunjukkan spesimen baja AISI 4140 menunjukkan perlit, perlit dan martensit dengan warna yang berbeda saat diberi beban 150 kgf dengan variasi waktu 60 detik, 69 detik dan 78 detik.

### Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongkan sebagai material ulet atau getas. Pengujian kekerasan (*hardness test*) adalah suatu proses yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap deformasi pada daerah lokal atau permukaan material, khusus untuk logam deformasi yang di maksud adalah deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri adalah suatu keadaan dari material yang ketika diberikan gaya maka struktur mikronya tidak akan kembali ke bentuk semula.

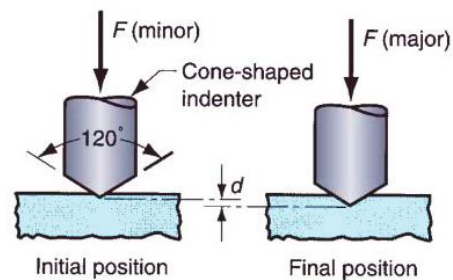
Pengujian *Rockwell* merupakan proses pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai indenter atau penetrator yang ditekan dengan beban tertentu. Pada pengujian *rockwell* angka kekerasan yang ditunjukkan merupakan kombinasi antara beban dan indenter yang dipakai, maka perlu diberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu untuk skala beban yang digunakan, skala yang sering digunakan dengan beban 150 kgf. Pada pengujian kekerasan bahan dengan metode *Rockwell*, kedalaman penetrasi permanen yang dihasilkan dari penerapan dan pelepasan beban utama dipakai untuk menentukan angka kekerasan *Rockwell*.



**Gambar 3.** Mesin Uji Kekerasan *Rockwell*

### Metode Rockwell

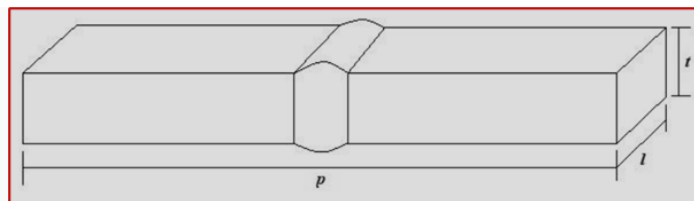
Metode ini *Hardness Rockwell test* adalah pengujian dengan cara menekan permukaan benda uji dengan suatu indenter. Penekanan indenter tersebut dilakukan dengan menekan beban pendahuluan (*beban minor*), kemudian ditambah dengan beban utama (*beban mayor*), kemudian beban mayor dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.



**Gambar 4.** Uji Kekerasan *Rockwell*

### Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui isi unsur kandungan yang terdapat didalam spesimen baja karbon rendah yang akan diuji. Dengan menggunakan spesimen uji yang telah dihaluskan agar dapat terlihat kandungan didalam benda uji tersebut.

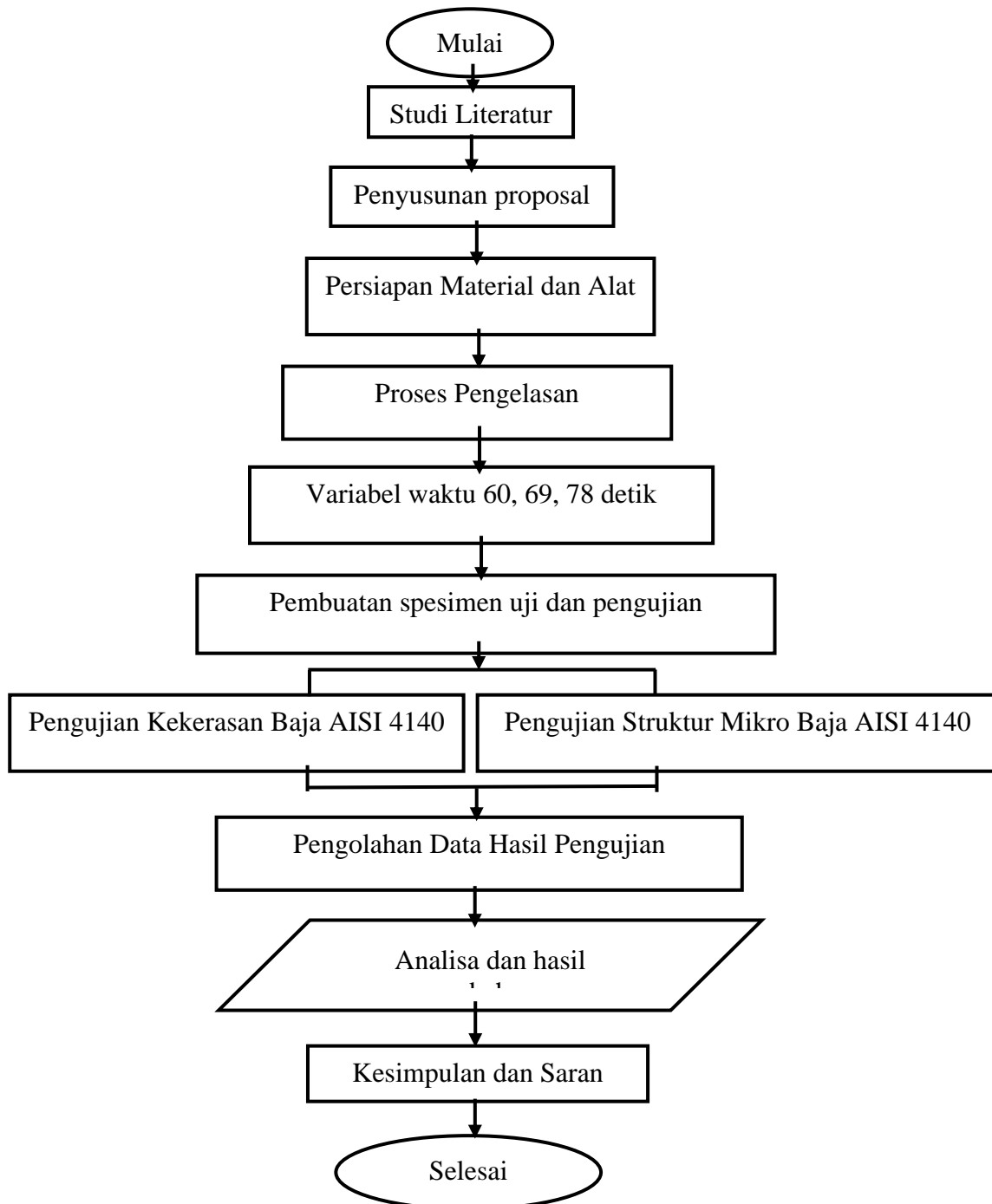


**Gambar 5.** Spesimen Uji Struktur Mikro

Struktur mikro dengan standar ASTM E3 adalah suatu bentuk susunan struktur yang terbentuk pada material logam dan ukurannya sangat kecil dan tidak beraturan, bentuknya berbeda beda tergantung pada unsur dan proses yang dialami pada saat pembentukannya.

## METHOD

Tahap proses penelitian pengelasan gesek yang dilakukan



Gambar 3.1 Diagram Alir

### Analisis Dan Pembahasan Struktur Mikro

Dari hasil pengujian struktur mikro pada daerah las diatas dijelaskan dari hasil struktur mikro *perlite*, *ferrite* dan *martensite* dengan jumlah presentase kandungan struktur *ferrite* lebih sedikit dibandingkan dengan presentase *perlite* yang lebih banyak sehingga yang didapat menganalisa bahwa pada daerah las dengan variasi waktu 60 detik, memiliki kualitas nilai kekerasan yang baik, karena *perlite* memiliki cahaya gelap dari kandungan *martensite*.

Sedangkan pada waktu variasi 69 detik memiliki nilai martensit sangat baik, bahwa *martensit* memiliki cahaya terang. Dari kandungan *perlite* dan *martensite* mengakibatkan cahaya terhadap *ferrite* dengan variasi waktu 78 detik sehingga menghasilkan warna abu-abu dari cahaya kandungan mikrostruktur sedikit dibandingkan dengan nilai *perlite* dan *martensite* sehingga memiliki kualitas nilai kekerasan kurang baik.

Hasil pengamatan kanan dapat kita lakukan dengan Mikroskop Logam pada standar uji Mikrostruktur yang terdapat daerah warna putih, warna abu-abu, dan warna gelap menentukan *perlite*, *ferrite* dan *martensite*. Karena dari pengamatan mikrostruktur dengan variasi waktu 60 detik, 69 detik dan 78 detik akibat dari panas yang serap oleh panas pada daerah spesimen dengan waktu tertentu yang memperlihatkan bahwa struktur yang terlihat di daerah dasar berupa *perlite-martensite* dengan batas butir yang terlihat jelas. Pada pengamatan material ini dapat terlihat struktur mikro *perlite* sangat mendominasi dan ukurannya yang besar, semakin besar ukuran butir maka akan menurunkan *hard strength* suatu material.

Proses ASTM mikrostruktur dengan standar ASTM E3 juga menyebabkan ukuran butir menjadi *perlite* karena ukuran butir terlihat gelap lebih seragam dengan *ferrite* yang dipengerahui oleh *martensite* dengan ukuran cahaya atau terang yang begitu terang dari pada baja dibandingkan ukuran kecil maka *perlite* mengikuti warna gelap. Semakin bertambah kecil ukuran butir, maka akan menyebabkan *density* atau padat dari baja tersebut dan akan menurun bila dibandingkan baja dalam keadaan tinggi variasi waktu yang terlalu tinggi, seperti variasi waktu 60 detik maka akan menyebabkan butiran kristal *martensite* semakin halus, bila didinginkan lambat dan itu akan menghasilkan *ferrite* dan *perlite* yang juga halus pula. Butiran yang semakin halus akan membuat baja menjadi semakin ulet.

## Pengolahan Data Uji Kekerasan

### Data Kekerasan Rockwell

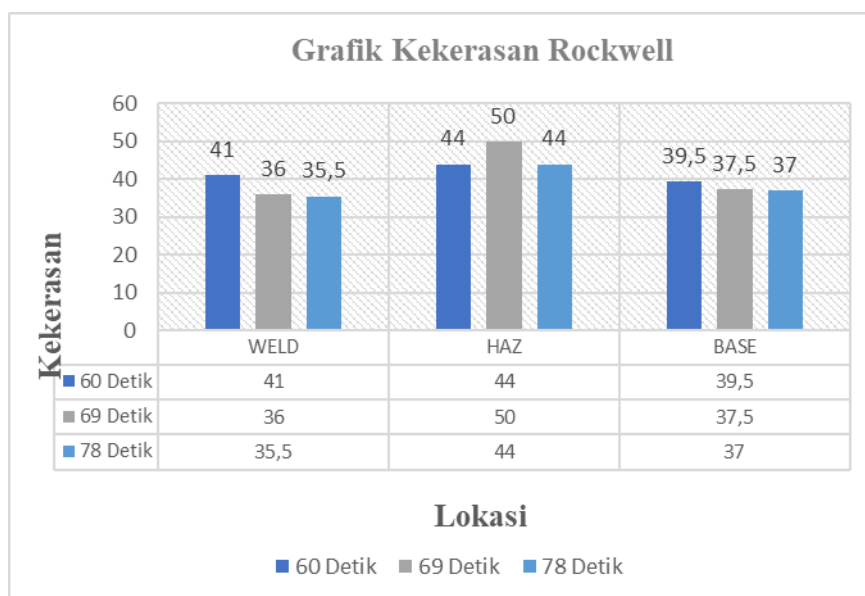
Setelah dilakukan pengelasan maka diperoleh sampel 3 dengan variasi waktu gesek yang berbeda yaitu dengan variasi waktu 60 detik, 69 detik dan 78 detik dan masing-masing dibuat yaitu uji kekerasan *Rockwell* Kanan dan Uji kekerasan *Rockwell* Kiri di daerah WELD, HAZ dan BASE Dapat dilihat dari hasil tabel dibawah ini:

**Tabel 4.3 Data Hasil Uji Kekerasan**

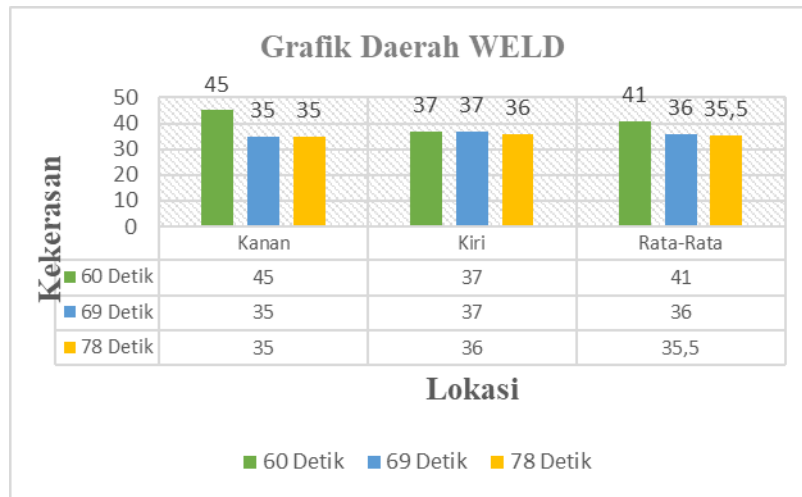
Lokasi	60 Detik	69 Detik	78 Detik
<b>WELD</b>			
Kanan	45	35	35
Kiri	37	37	36
Rata-Rata	41	36	35,5
<b>HAZ</b>			
Kanan	46	47	46
Kiri	42	53	42
Rata-Rata	44	50	44

BASE			
Kanan	42	37	37
Kiri	37	38	37
Rata-Rata	39,5	37,5	37

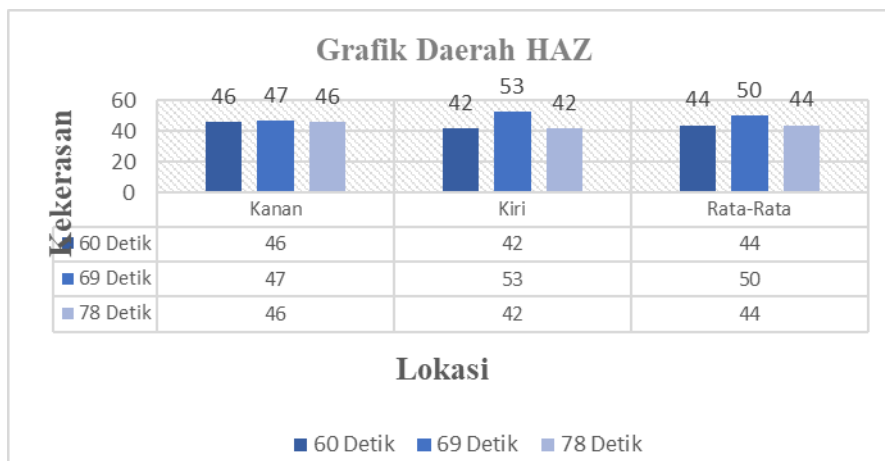
Variasi waktu gesek yang di terapkan yaitu 60 detik, 69 detik dan 78 detik, pada seatiap variasi tekanan gesek 5 bar, 6 bar dan 7 bar. Variabel terkontrol dalam proses pengelasan gesek ini yaitu kecepatan putar 500 Rpm, yang di terapkan selama 60 detik dan diameter permukaan gesek 20 mm. Uji struktur mikro dari sambungan las yang terbentuk dievaluasi berdasarkan uji struktur mikro. Pengamatan terhadap perubahan temperature selama proses pengelasan, distribusi nilai kekersana *Rockwell* disekitar daerah sambungan, dan foto mikro, digunakan sebagai data-data penunjang dalam analisa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu gesek diterapkan, maka menyebabkan panas sampai maleleh dan sambungan pada baja meningkat nilai maksimum bertambah keras dan kemudian uji struktur mikro Kembali menurun. Peningkatan uji kekerasan *Rockwell* pada sambungan las gsek tidak bertambah kuat secara linier, akrena akibat dari variasi tekanan gesek, di waktu variasi 60 detik. Dan pada waktu variasi gesek 68 detik dan 78 detik bertambah api terlihat pada tekanan gesek, menyebabkan peningkatan struktur mikro pada sambungan las yang linier. Terjadinya meningkat lebih keras fasa pada struktur mikro pada batas sambungan las akibat dari semakin tinggi *temperature* pada proses pengelasan gesek menyebabkan sambungan semakin maleleh.



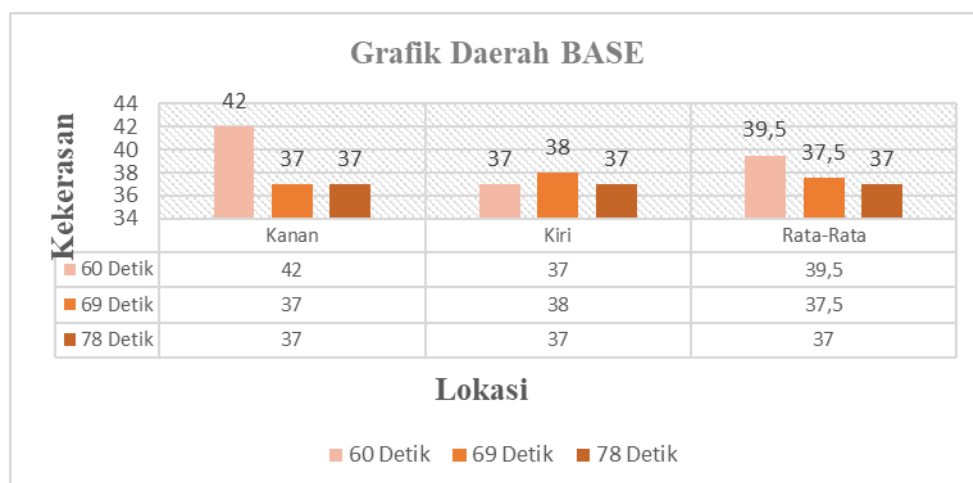
**Gambar 1** Grafik Uji Kekerasan Rockwell



**Gambar 2.** Grafik Daerah Weld



**Gambar 3.** Grafik Daerah HAZ



**Gambar 4.** Grafik Daerah BASE



## Analisa Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan

Pada Daerah Weld, HAZ dan Base dari hasil pengujian kekerasan *rockwell* dengan variasi waktu 60 detik, 69 detik dan 78 detik diperoleh data dimana setiap spesimen yang dilakukan pengujian sebanyak tiga kali adalah:

- a. Pada Spesimen 1 hasil yang didapat pada pengujian kekerasan *rockwell* pada pengujian pertama yang diperoleh yaitu 45 HRc, pengujian kedua yaitu 35 HRc dan pengujian ketiga dengan Nilai Rata-rata yang di peroleh yaitu 41 HRc. Pada Spesimen 2 hasil yang di dapat pada pengujian pertama yaitu 37 HRc, dan pengujian kedua yaitu 37 HRc dengan Nilai Rata-rata yang di dapat pada pengujian Ketiga dengan diperoleh Pada spesimen 2 yaitu 36 HRc. Dan pengujian pertaman di spesimen 3 hasil yang di dapat pada pengujian pertama yaitu 35 HRc, pengujian kedua yaitu 36 dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen ketiga yaitu 35,5 HRc.
- b. Pada Spesimen 1 hasil yang didapat pada pengujian kekerasan *rockwell* pada pengujian pertama yang diperoleh yaitu 46 HRc, pengujian kedua yaitu 42 HRc dan pengujian ketiga dengan Nilai Rata-rata yang di peroleh yaitu 44 HRc. Pada Spesimen 2 hasil yang di dapat pada pengujian pertama yaitu 47 HRc, dan pengujian kedua yaitu 53 HRc dengan Nilai Rata-rata yang di dapat pada pengujian Ketiga dengan diperoleh Pada spesimen 2 yaitu 50 HRc. Dan pengujian pertaman di spesimen 3 hasil yang di dapat pada pengujian pertama yaitu 46 HRc, pengujian kedua yaitu 42 dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen ketiga yaitu 44 HRc.
- c. Pada Spesimen 1 hasil yang didapat pada pengujian kekerasan *rockwell* pada pengujian pertama yang diperoleh yaitu 42 HRc, pengujian kedua yaitu 37 HRc dan pengujian ketiga dengan Nilai Rata-rata yang di peroleh yaitu 39,5 HRc. Pada Spesimen 2 hasil yang di dapat pada pengujian pertama yaitu 37 HRc, dan pengujian kedua yaitu 38 HRc dengan Nilai Rata-rata yang di dapat pada pengujian Ketiga dengan diperoleh Pada spesimen 2 yaitu 37,5 HRc. Dan pengujian pertaman di spesimen 3 hasil yang di dapat pada pengujian pertama yaitu 37 HRc, pengujian kedua yaitu 37 dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen ketiga yaitu 37 HRc.

## Nilai Pebanding Rata-Rata Rockwell

Uji kekerasan *Rockwell* Kanan dan kiri pada baja AISI 4140 di setiap spesimen pada spesimen 1, 2 dan 3 dengan nilai rata-rata pada daerah Weld, HAZ dan Base dengan waktu variasi 60 detik, 69 detik dan 78 detik. Spesimen 1 pada pengujian pertama dengan nilai rata-rata yang di dapat yang di peroleh di pada spesimen 1 yaitu 41 HRc. Sedangkan di spesimen 2 pada pengujian kedua dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen 2 yaitu 36 HRc, dan pengujian ketiga dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen 3 yaitu 35,5 HRc. Dan pada spesimen 1 pada pengujian pertama dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen 1 yaitu 44 HRc, dan spesimen 2 pada pengujian kedua dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen 2 yaitu 50 HRc, Sedangkan spesimen 3 pada pada pengujian ketiga dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen 3 yaitu 44 HRc. Di spesimen 1 pada pengujian pertama dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen 1 yaitu 39,5 HRc, dan pada spesimen 2 pada pengujian kedua dengan nilai rata-rata yang di peroleh di spesimen 2 yaitu 37,5 HRc. Sedangkan spesimen 3 pada pengujian ketiga dengan nilai rata-rata yang di peroleh pada spesimen 3 yaitu 37 HRc.

## REVERENCES

- Yustiasih Purwaningrum(1) , Triyono(2) , Kelvin Koharto(3) , Adit Suhartanto(4) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia(1,3,4) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta(2) Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura, 2008, Teknologi Pengelasan Logam, PT Balai Pustaka (Persero), Jakarta.
- Suratman. (2001). Studi Kelayakan Proyek: Teknik dan Prosedur Penyusunan Laporan (Edisi Pertama). Yogyakarta: J &J Learning
- Amanto, Hari, dan Daryanto. 1999. Ilmu Bahan Cetakan Kedua. PT. Bumi Aksara. Jakarta. Ilmu Bahan Cetakan Kedua. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Yuwono, T., 2009, Biologi Molekular, Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, 209-215, Jakarta, Erlangga.
- Danial dan Wasriah. (2009). Metode Penulisan Karya Ilmiah. Bandung: Laboratorium Pendidikan Kewarganegaraan UPI.
- A.Zubaidi Indra et al. 2011. "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi ERC pada perusahaan real estate". Jurnal Akuntansi dan Keuangan. Vol. 16 No.1. Lampung: UNILA.
- Gunawan, Indra, dkk. Tanpa Tahun. *Pengaruh Waktu Penahanan Panas (Time Holding) pada Proses Tempering terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja Karbon Menengah*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- M. Achyarsyah dan Ery Hidayat. 2014. "Analisis Sifat Mekanik Pada Material AISI 4140 dan Creusabro 8000 Untuk Aplikasi Gigi Bucket Produksi PT.Polman Swadaya". Teknik Pengecoran Logam Polman, Bandung.
- Materials Technology : Material Data Sheet 4140, USA : Sommer W. D. Callister, An Introduction : Materials Science and Engineering 3rd Edition, Canda : John Wiley, 1994.
- Ardian, A.T. (2005). Penyambungan Baja AISI 1040 Batang Silinder Pejal Dengan *Friction welding*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Satyadianto, D. (2015). Pengaruh Variasi Tekanan Gesek, Tekanan Tempa dan Durasi Gesek Terhadap Kekuatan Impact pada Sambungan Las Gesek (*friction welding*) Dengan Menggunakan Baja Paduan AISI 4140. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.