

**PENGARUH *POST WELD HEAT TREATMENT* (PWHT) TERHADAP STRUKTUR
MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PEGAS DAUN YANG DILAS DENGAN
PENGELASAN SMAW**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat-Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau*



OLEH :

PANDU PRATAMA
14.331.0040

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pandu Pratama

NPM : 143310040

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Pengaruh *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pegas Daun Yang Dilas Dengan Pengelasan SMAW

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa penulisan skripsi ini adalah hasil peneitian, pemikiran dan pemaparan asli dari karya tulis saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data-data yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya tulis milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan kondisi sehat serta tanpa ada paksaan dari siapapun.

Pekanbaru, April 2020

Yang Membuat Pernyataan,

Pandu Pratama

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PERSONAL

Nama Lengkap : Pandu Pratama
Npm : 143310040
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Harapan, 01 Oktober 1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Desa Sencano Jaya, Kec. Batang Peranap, Kab. Indragiri Hulu
Agama : Islam
Kebangsaan/Suku : Indonesia/Jawa
Telp/Hp : 085265553252
Email : pandupratama636@gmail.com
Nama Orang Tua
1. Ayah : Mulyono
2. Ibu : Mismiati

PENDIDIKAN

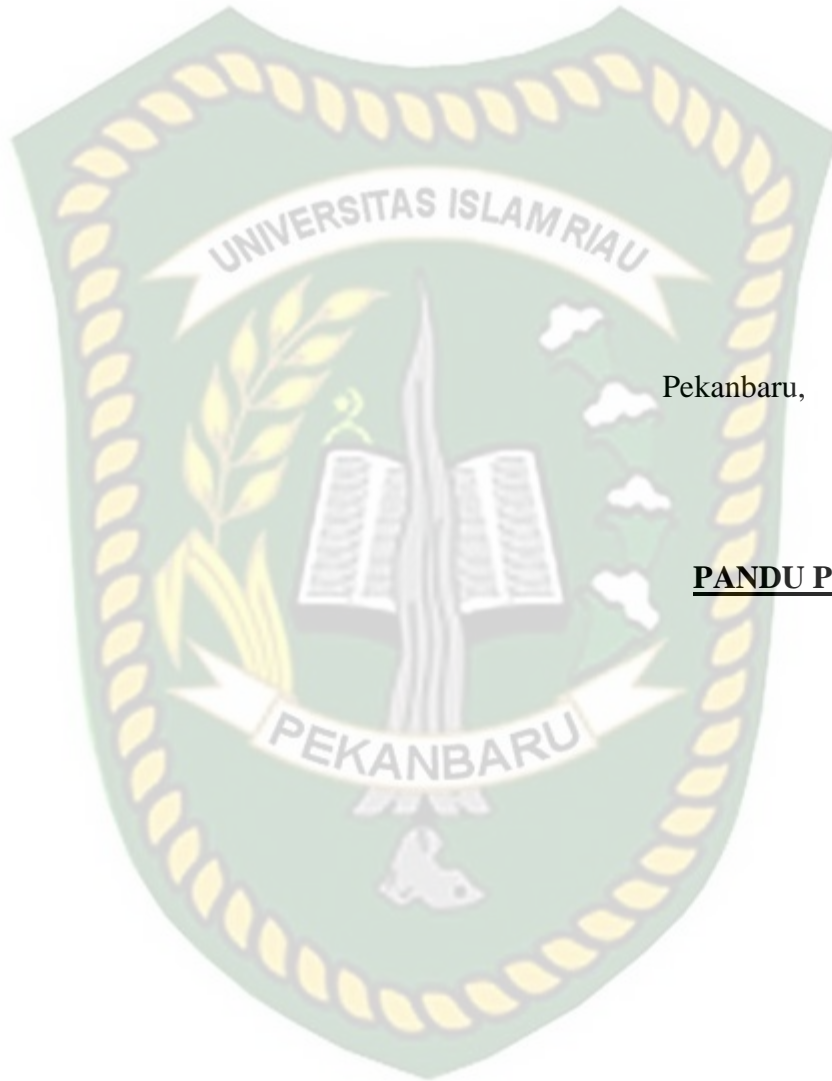
Sekolah Dasar : SDN 029 Batang Peranap
Sekolah Menengah Pertama : SMP Negeri 2 Batang Peranap
Sekolah Menengah Atas : SMK Teknologi YPL Lirik
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau

TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pegas Daun Yang Dilas Dengan Pengelasan SMAW

Tempat Penelitian :Laboratorium Teknik Mesin
Universitas Islam Riau

Tanggal Sidang : 28 April 2020



Pekanbaru, April 2020

PANDU PRATAMA

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

PENGARUH *POS T WELD HEAT TREATMENT* (PWHT) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PEGAS DAUN YANG DILAS DENGAN PENGELASAN SMAW

Pandu Pratama, Dody Yulianto

Program Studi Teknik Mensin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Telp. 0761-674653 Fax. (0761) 674834

Email : pandupratama636@gmail.com

ABSTRAK

Baja karbon medium dengan unsur karbon (C 0.593%) merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan pada dunia industri otomotif. Salah satunya adalah material pada pegas daun, Dalam fungsinya pegas daun menerima beban dinamis (yang berulang-ulang) yang cukup besar dan akan mengalami kerusakan akibat lelah yang muncul setelah komponen tersebut menjalani fungsinya. Pada penelitian ini dilakukan pengelasan SMAW pada baja karbon medium dengan tipe elektroda (E6013). PWHT dilakukan dengan berbagai variasi suhu 700°C, 750°C, dan 800°C selama 30 menit kemudian didinginkan dengan udara bebas. Selanjutnya dilakukan uji komposisi, uji kekerasan, uji *impact* dan pengamatan struktur mikro. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa baja pegas daun adalah baja karbon medium dengan kadar karbon (C 0.593%). Nilai kekerasan tertinggi pada suhu 800°C yaitu pada daerah lasan 189,5 HV, daerah HAZ 356,5 HV dan daerah logam induk 373,5 HV, dan nilai kekerasan terendah pada suhu 700°C yaitu pada daerah lasan 217 HV, daerah HAZ 318 HV dan daerah logam induk 296 HV. Hasil foto struktur mikro untuk spesimen tanpa pengelasan berupa martensite + ferrite, untuk spesimen yang hanya dilas pada daerah logam induk martensite + ferrite, daerah HAZ martensite + ferrite dan di daerah lasan pearlite + ferrite. Sedangkan struktur mikro pada spesimen yang dilas dan diberi perlakuan *post weld heat treatment* (PWHT), pada suhu 700°C memiliki foto struktur mikro sama dengan spesimen yang hanya dilas, sedangkan pada suhu 750°C dan 800°C juga memiliki foto struktur mikro yang sama yaitu pada daerah logam induk pearlite, daerah HAZ pearlite, dan di daerah lasan pearlite + ferrite. Suhu PWHT yang memiliki sifat mekanis yang baik dari tiga variasi suhu adalah suhu 750°C ditunjukkan dari hasil harga *impact* yang tinggi.

Kata kunci : Baja, Pegas daun, Pengelasan, las SMAW, *Post weld heat treatment* (PWHT)

THE EFFECT OF POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT) ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF LEAF SPRINGS WELDED BY SMAW WELDING

Pandu Pratama, Dody Yulianto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No.113 Pemberhentian Marpoyan, Pekanbaru

Telp. 0761-674653 Fax. (0761) 674834

Email : pandupratama636@gmail.com

ABSTRACT

Carbon steel medium with carbon elements (C 0.593%) is one material is widely used in the automotive industry. One of them is the material in the leaf springs. In its function the leaf springs receive dynamic loads (which is repetitive) which is quite large and suffers from fatigue that arises after the component has functioned. In this study SMAW welding was carried out on medium carbon steel with electrode type (E6013). PWHT is done with various variations of temperature of 700°C, 750°C, and 800°C for 30 minutes then cooled with free air. Then the composition test, hardness test, impact test and microstructure observation are conducted. The results of this study indicate that leaf spring steel is medium carbon steel with carbon content (C 0.593%). The highest hardness value at 800°C is in the weld area 189,5 HV, the HAZ area is 356,5 HV and the parent metal area is 373,5 HV, and the lowest hardness value at temperature 700°C is in the weld area 217 HV, the HAZ area 318 HV and the area parent metal 296 HV. Microstructure photo results for specimens without welding in the form of martensite + ferrite, for specimens that area only welded in the parent metal region of martensite + ferrite, HAZ martensite + ferrite areas and in the pearlite + ferrite weld area. While the microstructure of specimens that are welded and treated with post weld heat treatment (PWHT), at a temperature of 700°C has the same microstructure photo as the specimens that are only welded, while at temperatures of 700°C and 800°C also has a photo of the same microstructure that is in the metal region main pearlite, HAZ pearlite area, and pearlite + ferrite weld area. PWHT temperature which has good mechanical properties from three temperature variations is a temperature of 750°C indicated from the results of high impact prices.

Keyword : Steel, Leaf spring, Welding, SMAW welding, Post weld heat treatment (PWHT)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya serta memberikan kesempatan penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul “ **Pengaruh Post Weld Heat Treatment (PWHT) Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Pegas Daun Yang di Las Dengan Pengelasan SMAW** ”. Tugas Akhir ini penulis susun guna memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada Prodi Tekni Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau (UIR).

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Proposal Tugas Sarjana.

Tiada gading yang tak retak, segala usaha telah penulis lakukan dengan sebaik-baiknya, namun penulis menyadari sepenuhnya bahwa isi dari Proposal Tugas Sarjana ini masih jauh dari kesempurnaan dan tak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kepada semua pihak dapat memberikan kritik dan sarannya yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan untuk masa yang akan datang. Demikianlah Proposal Tugas Sarjana ini dibuat semoga bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Pekanbaru,

PANDU PRATAMA

KATA PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya serta memberikan kesempatan penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul “ Pengaruh Post Weld Heat Treatment (PWHT) Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Pegas Daun Yang di Las Dengan Pengelasan SMAW”.

Hari takan indah tanpa mentari dan rembulan, begitu juga hidup takan indah tanpa tujuan, harapan serta tantangan. Meski terasa berat, namun manisnya hidup justru akan terasa, apabila semuanya terlalui dengan baik, meski harus memerlukan pengorbanan.

Detik yang berlalu, jam yang berganti, hari yang berrotasi, bulan dan tahun silih berganti, hari ini 27 April 2020 saya persembahkan sebuah karya tulis buat kedua orang tua dan keluarga sebagai bukti perjuangan saya untuk membanggakan mereka meskipun tidak seimbang dengan perjuangan yang diberikan mereka, namun saya yakin yang saya lakukan hari ini merupakan langkah awal untuk saya membuat senyuman bangga kepada keluarga saya terutama Ayah dan Ibu.

Terimakasih untukmu, Ayahku Mulyono dan Ibuku Mismiati tercinta, yang telah banyak berjasa dalam perjalanan kehidupanku. Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terimakasih yang tidak terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada ayah dan ibu yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan dan cinta kasih yang tidak terhingga yang tidak mungkin dapat kubalas hanya dalam selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ayah dan ibu bahagia, karena kusadar selama ini belum bisa berbuat yang lebih untuk ayah dan ibu yang selalu memberi motivasi dan selalu memberi kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku untuk menjadi lebih baik, Terimakasih Ayah dan Ibu.

Dalam setiap langkahku aku berusaha mewujudkan harapan-harapan yang kalian impikan terhadap diriku, terimakasih saya ucapkan kepada Adik-adikku Shidik Mustofa, ST, Lydia Ikhsania, Juwita Rahmawati dan yang tersayang Desti Fanaratul Khotijah, S.Pd yang banyak memberikan motivasi dan semangat serta doa kepadaku disaat aku mengalami kesusahan dan menjadi tempat beristirahat untuk melepas penat yang luar biasa. Semoga kelak kedepannya kita menjadi orang yang berguna bagi agama dan bangsa ini.

Atas kesabaran dan ilmu yang telah diberikan untuk itu penulis persembahkan ungkapan terimakasih kepada Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Bapak Dody Yulianto, ST., MT selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin serta Bapak Dr. Dedikarni, ST.,M.Sc selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin dan terkhusus kepada Bapak Dody

Yulianto, ST., MT selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu dan kesempatannya untuk membimbing saya sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Selanjutnya tak lupa pula saya sampaikan ucapan terimakasih kepada Ibu Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT dan Bapak Dr. Dedikarni, ST., M.Sc yang telah memberikan saya saran dan masukan yang membangun begitu juga Dosen-Dosen Teknik Mesin sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tidak lupa pula penulis juga mengucapkan terimakasih kepada teman seperjuangan M. Khairiandi, ST, Herdiansyah Putra, ST, Riki Andri Ansia, ST, Arif Dedi Kurniawan, ST, Baharudin Efendi Siregar, ST, Astra Wijaya, ST, Budi Saputra, ST, Eko Saputra, ST, Samuel Alfon Riau Sata Tarigan, ST dan teman-teman seperjuangan Teknik Mesin 14A yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Terimakasih atas kebersamaan kita selama ini, terimakasih atas ketulusan cinta dan kasih syangnya, terimakasih telah memberiku kebahagiaan dan melalui banyak hal bersama kalian. Kalian adalah saksi perjuanganku selama ini dan sampai detik ini. Kalian bukan hanya sekedar sahabat tapi kalian adalah keluarga bagiku. Suatu kehormatan bisa berjuang bersama kalian, semoga perjuangan kita dibalas oleh Allah SWT.

Hanya sebuah karya kecil dan untaian kata-kata ini yang dapat kupersembahkan kepada kalian semua. Atas segala kekhilafan salah dan keraguanku, kurendahkan hati serta diri menjabatkan tangan meminta beribu-ribu kata maaf tercurah, skripsi ini kupersembahkan.

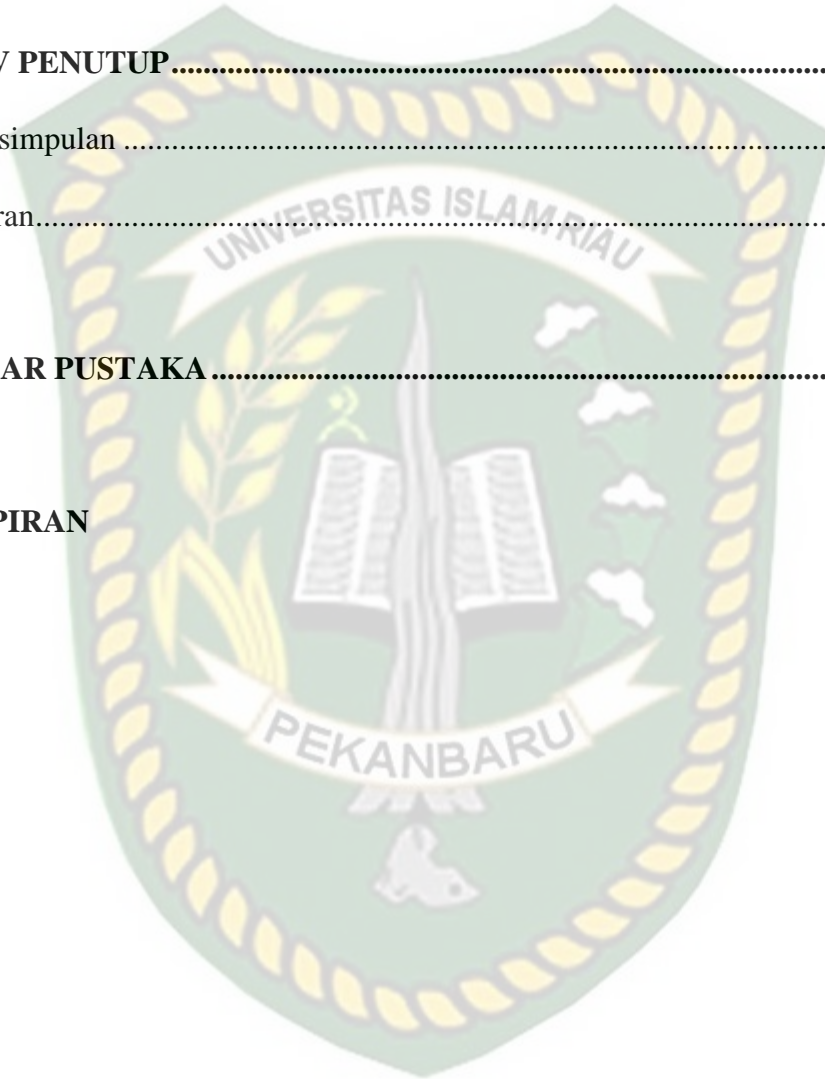
DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
KATA PERSEMBAHAN	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Pegas	5
2.2 Pegas Daun.....	5
2.3 Pengertian Baja	6
2.4 Baja Paduan.....	7

2.5 Pentingnya Karbon.....	7
2.6 Sifat Mekanik Baja.....	8
2.7 Klasifikasi Baja Karbon	10
2.7.1 Baja Karbon Rendah (<i>Low Carbon Steel</i>)	10
2.7.2 Baja Karbon Menengah (<i>Medium Carbon Steel</i>).....	11
2.7.3 Baja Karbon Tinggi (<i>High Carbon Steel</i>).....	11
2.8 Pengelasan.....	12
2.8.1 <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW).....	12
2.8.2 <i>Submerged Arc Welding</i> (SAW).....	12
2.8.3 <i>Flux Core Arc Welding</i> (FCAW).....	13
2.8.4 <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW).....	13
2.8.5 <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW)	13
2.9 Proses Pengelasan Elektroda Terbungkus (SMAW).....	14
2.10 Elektroda	15
2.11 Kampuh V	19
2.12 Daerah Pengaruh Panas (HAZ).....	20
2.13 Pengaruh Tegangan Sisa Terhadap Sifat Mekanis.....	21
2.14 Heat Treatment.....	22
2.15 <i>Post Weld Heat Treatment</i> (PWHT)	23
2.16 Pengujian Komposisi Kimia	23
2.17 Pengujian Kekerasan.....	24
2.18 Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	25

2.19 Pengujian Mikrostruktur	26
2.20 Pengujian <i>Impact</i>	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Diagram Alir Penelitian	29
3.2 Waktu Dan Tempat	30
3.3 Alat Dan Bahan	30
3.3.1 Alat.....	30
3.3.2 Bahan	37
3.4 Pelaksanaan Penelitian	37
3.4.1 Proses Pembuatan Kampuh V	37
3.4.2 Proses Pengelasan	38
3.4.3 Proses <i>Post Weld Heat Treatment</i> (PWHT).....	38
3.5 Metode Pengujian Bahan	39
3.5.1 Uji Komposisi Kimia	39
3.5.2 Kekerasan Material	41
3.5.3 Uji <i>Impact</i>	42
3.5.4 Pengamatan <i>Metalografi</i>	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Komposisi Kimia Baja Pegas Daun	46
4.2 Kekerasan Material Pegas Daun	48

4.3 Ketangguhan Material Pegas Daun.....	51
4.4 Pengamatan <i>Metalografy</i>	53
BAB V PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN	



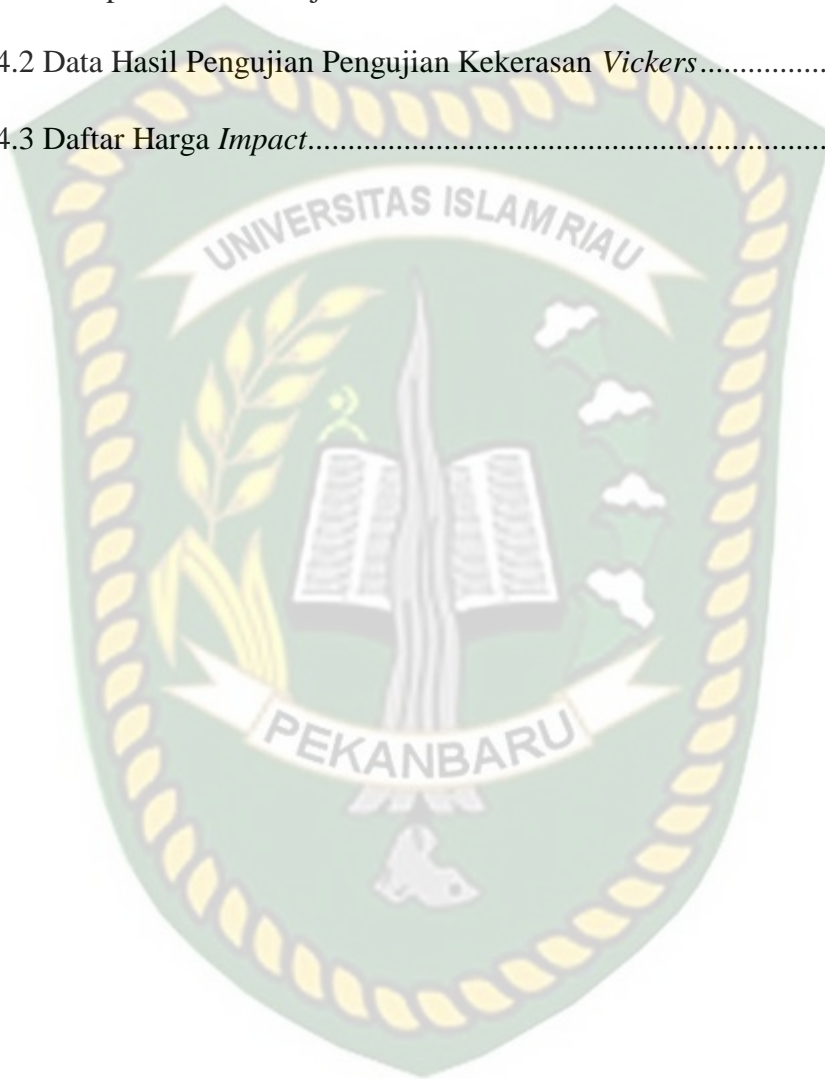
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Pegas Daun.....	6
2.2 Las SMAW.....	15
2.3 Bagian Elektroda.....	16
2.4 Kampuh.....	20
2.5 Daerah HAZ.....	21
2.6 Tipe-Tipe Lekukan Piramid Intan.....	26
3.1 Mesin Las AC/AD.....	30
3.2 Kikir Baja.....	31
3.3 Gerinda Tangan.....	32
3.4 Sikad Baja.....	32
3.5 Alat Ukur (Jangka Sorong).....	33
3.6 Sarung Tangan Untuk Pengelasan.....	33
3.7 Mesin Uji Komposisi Kimia.....	34
3.8 Mesin Uji Kekerasan.....	35
3.9 Mesin Uji <i>Impact</i>	36
3.10 Mikroskop Optik.....	36
3.11 Kampuh V.....	38
3.12 Spesimen Uji Komposisi.....	41
3.13 Spesimen Uji Kekerasan ASTM E-92.....	42
3.14 Spesimen Uji <i>Impact</i> ASTM E23.....	44

3.15 Spesimen Uji Pengamatan Struktur Mikro ASTM E-92.....	45
4.1 Daerah Titik Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	48
4.2 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Spesimen Baja Pegas Daun.....	50
4.3 Grafik Perbandingan Harga <i>Impact</i> Spesimen Baja Pegas Daun.....	52
4.4 Pengamatan <i>Metalogrfy</i> Pada Base Metal.....	54
4.5 Pengamatan <i>Metalogrfy</i> Pada Sampel Non PWHT	54
4.6 Pengamatan <i>Metalogrfy</i> Pada Sampel Yang Diberi PWHT 700°C.....	55
4.7 Pengamatan <i>Metalogrfy</i> Pada Sampel Yang Diberi PWHT 750°C.....	55
4.8 Pengamatan <i>Metalogrfy</i> Pada Sampel Yang Diberi PWHT 800°C.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Elektroda Dengan Arus Pengelasan	18
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Baja Karbon Medium	47
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	48
Tabel 4.3 Daftar Harga <i>Impact</i>	51



DAFTAR NOTASI

P : Beban Tekan Yang Diberi (kg)

d : Panjang Diagonal Bekas Injakan (mm)

θ : Sudut Antara Permukaan Intan Yang Berhadapan (136°)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pegas daun merupakan salah satu komponen otomotif yang bahan dasarnya adalah baja karbon medium (C 0.3 - 0.6%). Dalam fungsinya pegas daun menerima beban dinamis (yang berulang-ulang) yang cukup besar dan akan mengalami kerusakan akibat lelah yang muncul setelah komponen tersebut menjalani fungsinya (Fitri, 2013).

Dalam pengaplikasiannya sebagai suspensi kendaraan, saat roda bertemu dengan halangan pegas membuat roda mampu melewati halangan dengan adanya pergerakan naik turun pada roda dan kemudian menyebabkan roda keposisi semula. Pegas daun yang digunakan sebagai suspensi kendaraan darat baik untuk kendaraan roda empat maupun mobil adalah salah satu komponen utama untuk meredam adanya getaran yang ditimbulkan oleh eksitasi-eksitasi gaya luar saat kendaraan bergerak.

Patah pada pegas daun biasanya disebabkan karena faktor umur pegas daun tersebut, penyebab lain patahnya pegas daun biasanya karena kelebihan beban (*overload*) dan keadaan jalan yang rusak. Setelah patah biasanya pegas daun tidak langsung dibuang atau diganti, melainkan dilakukan proses pengelasan pada bagian yang patah. Tetapi biasanya jika hanya dilakukan proses pengelasan saja material pegas daun tidak mendapatkan ketangguhan yang baik.

Pegas daun harus memiliki sifat yang ulet dan tangguh karena pada pengaplikasiannya pegas daun merupakan bagian yang penting pada kendaraan

sebagai peredam getaran. Oleh karena itu material pegas daun yang patah setelah dilakukan pengelasan perlu dilakukan proses perlakuan panas agar mendapatkan sifat yang dibutuhkan dari material tersebut. Dalam penelitian ini setelah pegas daun dilas diberi perlakuan panas atau *post weld heat treatment* (PWHT). Dimana proses PWHT tersebut bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik pada suatu material.

Post Weld Heat Treatment (PWHT) adalah proses pemanasan dan pendinginan pada logam untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu yang diperlukan untuk suatu konstruksi, misalnya kekuatan (*strength*), kelunakkan (*softness*), memperhalus ukuran butir. PWHT bisa diterapkan pada seluruh pengelasan atau hanya setempat. PWHT dilakukan karena alasan seperti mengurangi tegangan sisa (*residual stress*), distorsi, mengurangi kekerasan didaerah pengelasan dan daerah HAZ, meningkatkan ketangguhan (*toughness*), mengeluarkan hydrogen dari logam las, menghindari kerja dingin dari logam las, meningkatkan keuletan (*ductility*), meningkatkan daya tahan terhadap retak karena faktor lingkungan (*environmental cracking*) dan serangan karat (Rodriguez, 2003).

Proses dari *post weld heat treatment* (PWHT) dapat meningkatkan nilai ketangguhan dari material, disisi lain PWHT juga berpengaruh pada struktur mikro material tersebut. Maka dari itu peneliti ingin mendapatkan sifat mekanik pegas daun yang lebih tangguh (*tough*) dan mendapatkan struktur mikro setelah dilakukan proses dari PWHT tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh PWHT terhadap struktur mikro pegas daun ?
2. Bagaimana pengaruh PWHT terhadap sifat mekanik pegas daun ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui:

1. Untuk mendapatkan pengaruh PWHT terhadap struktur mikro pegas daun
2. Untuk mendapatkan pengaruh PWHT terhadap sifat mekanik pegas daun

1.4 Batasan Masalah

Mengingat sangat kompleksnya permasalahan dalam proses pengelasan, disini kami perlu membatasi permasalahan agar pembahasan lebih fokus. Batasan-batasan itu antara lain :

1. Elektroda pengantar yang digunakan adalah E6013, dengan diameter 2.6 mm.
2. Arus yang digunakan 75-95 A.
3. Suhu PWHT yang digunakan 700°C, 750°C, 800°C dengan penahanan waktu (*holding time*) selama 30 menit.
4. Material yang digunakan yaitu Pegas Daun.

5. Pengujian yang dilakukan yaitu Pengujian Kekerasan, *Impact* dan Struktur Mikro

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terbagi dalam lima bab, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang dibuatnya penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan hasil penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori – teori yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat diperoleh pengertian dan pengetahuan yang menunjang analisa permasalahan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi rancangan penelitian dan prosedur pelaksanaan,

BAB IV DATA DAN ANALISA DATA

Bab ini berisi data – data yang diperoleh selama penelitian, dan pembahasan tentang data yang ada sesuai dengan permasalahan yang ditetapkan pada penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian ini serta saran yang diharapkan dapat berguna pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

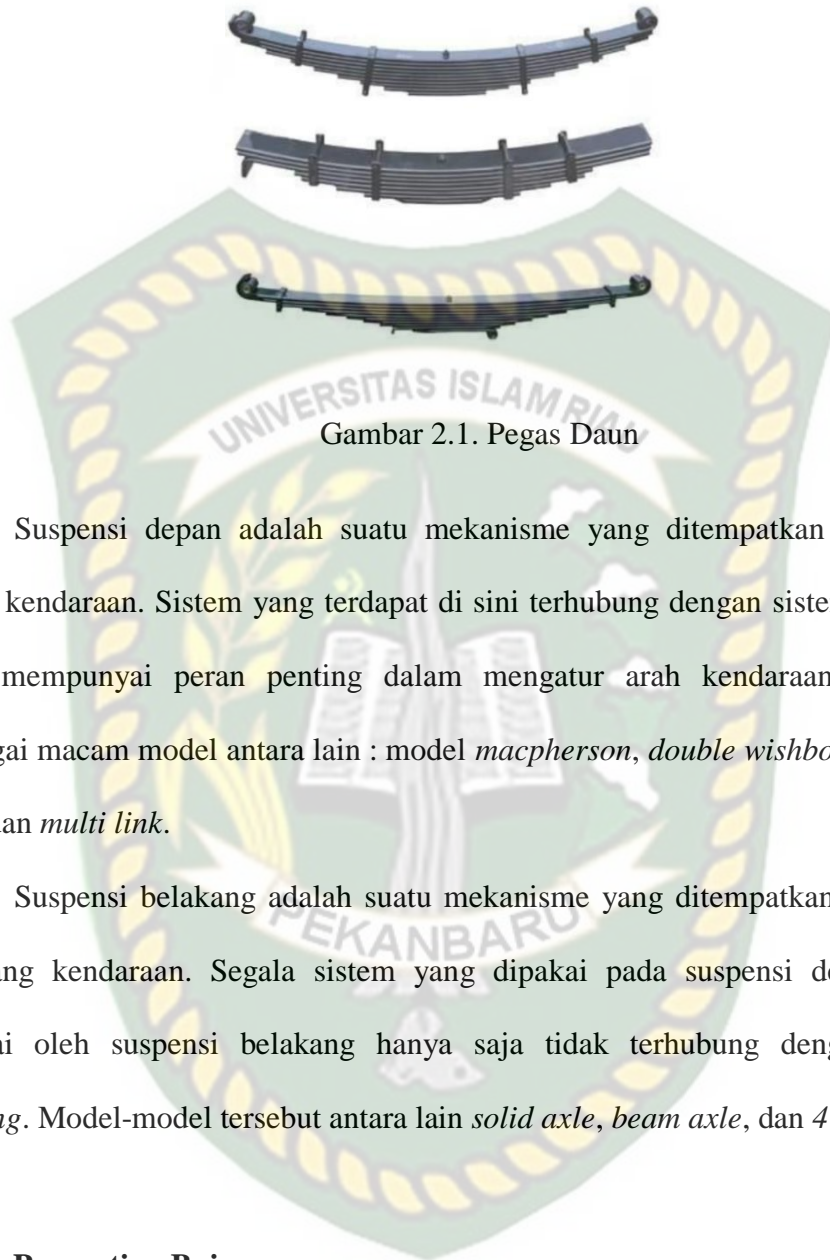
2.1 Pegas

Pegas (*spring*) ialah suatu elemen mesin fleksibel yang dapat menyimpan energi dari beban atau gaya yang diberikan dan akan mengembalikan energi yang besarnya sama dengan beban jika beban dihilangkan. Gaya yang dihasilkan dapat berupa *linear push / pull* atau radial. Pegas adalah suatu elemen penumpu utama dari suspensi karena berfungsi untuk menahan berat suatu kendaraan, menjaga ketinggian saat berkendara, dan menyerap kejutan yang terjadi di jalan.

2.2 Pegas Daun

Pegas daun adalah pegas yang berbentuk plat dasar (*flat plats*) dengan lebar tertentu dan dikenai beban lateral yang menjadikan plat mengalami *bending*. Konsep dasar pegas daun adalah batang *cantilever* yang diberi beban lateral pada ujungnya dan ujung yang lain dijepit sehingga batang *cantilever* terdefleksi dan mempunyai *radius curvature*.

Dari bentuk lapisannya terdapat dua jenis dari pegas daun yaitu pegas daun tunggal dan pegas daun berlapis. Pegas daun berlapis disusun dan disatukan dengan perantara klem atau mur-baut. Pegas jenis ini banyak digunakan pada bagian belakang kendaraan roda empat, khususnya untuk jenis truk dan jip. Pegas daun dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pegas Daun

Suspensi depan adalah suatu mekanisme yang ditempatkan pada roda depan kendaraan. Sistem yang terdapat di sini terhubung dengan sistem *steering*, yang mempunyai peran penting dalam mengatur arah kendaraan. Terdapat berbagai macam model antara lain : model *macpherson*, *double wishbone*, *trailing arm*, dan *multi link*.

Suspensi belakang adalah suatu mekanisme yang ditempatkan pada roda belakang kendaraan. Segala sistem yang dipakai pada suspensi depan dapat dipakai oleh suspensi belakang hanya saja tidak terhubung dengan sistem *steering*. Model-model tersebut antara lain *solid axle*, *beam axle*, dan *4 bar*.

2.3 Pengertian Baja

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian atau penempaan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam

teknik, dalam bentuk plat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya (Amstead, 1997).

2.4 Baja Paduan

Pada baja paduan rendah/sedang, dengan kandungan paduan total sekitar 5%, kandungan paduan terutama ditentukan oleh persyaratan kemampukerasan dan penemperan, meski pengerasan larutan padat dan pembentukan karbida juga penting. Telah dibahas beberapa aspek, dan kesimpulan utamanya adalah bahwa Mn dan Cr meningkatkan kemampukerasan dan secara umum menghambat pelunakandan penemperan; Ni memperkuat ferit dan meningkatkan kemampukerasan serta ketangguhan; tembaga memiliki sifat sama tetapi juga menghambat penemperan; Co memperkuat ferit dan menghambat pelunakan pada penemperan; Si menghambat dan mengurangi perubahan volume ketika terjadi transformasi martensit, dan baik Mo maupun V menghambat penemperan dan menghasilkan pengerasan sekunder (Djaprie, 2000).

2.5 Pentingnya Karbon

Meskipun kebanyakan paduan baja mengandung kurang dari 1,0% karbon, namun ini dimasukkan dalam penandaan karena pengaruhnya terhadap sifat-sifat baja. Semakin bertambah kadar karbonnya, kekuatan dan kekerasannya juga bertambah dan kondisi pemrosesan dan perlakuan panas yang sama. Karena keuletan akan berkurang seiring dengan bertambahnya kadar karbon, maka

pemilihan baja yang tepat meliputi beberapa kompromi antara kekuatan dan keuletan.

Sebagai pola klasifikasi kasar, baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kurang dari 30 poin karbon (0,30%). Baja tersebut memiliki kekuatan yang relatif rendah, tetapi dengan sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik. Baja karbon sedang mengandung 30 hingga 50 point karbon (0,30%-0,50%). Kebanyakan elemen mesin yang memiliki syarat kekuatan sedang hingga tinggi dengan keuletan yang cukup baik dan syarat kekerasan sedang berasal dari kelompok ini.

Baja karbon tinggi memiliki 50-95 poin karbon (0,50%-0,95%). Kadar karbon yang tinggi memberikan sifat-sifat keausan yang lebih baik yang sesuai untuk aplikasi-aplikasi yang memerlukan sisi-sisi pemotongan yang tahan lama dan untuk aplikasi-aplikasi dimana permukaan mengalami pengikisan yang tetap (Rines Dkk, 2009).

2.6 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi (Murtiono, 2012).

Sifat –sifat mekanik yang terpenting antara lain :

1. Kekuatan (*Strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara

lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.

2. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (*abrasi*), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.
3. Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.
4. Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari pada kekuatan.
5. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti, *forging*, *rolling*, *extruding*, dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan/kekenyalan (*ductility*).

6. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur.
7. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan berulang-ulang (*cylinder stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan.

2.7 Klasifikasi Baja Karbon

Secara umum baja karbon adalah baja dengan unsur utamanya besi dan unsur karbon. Kadar karbon untuk baja karbon adalah 0,008 sampai 1,7% dengan diikuti unsur-unsur tambahan lain dan tidak bisa dihindari, unsur-unsur tersebut antara lain Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat kuat tergantung pada kadar karbonnya. Jika dilihat dari kadar karbonnya, baja karbon diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

2.7.1 Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling murah diproduksi diantara semua karbon, mudah di *machining* dan dilas, serta keuletan dan ketangguhannya

yang sangat tinggi, tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar dan lain-lain.

2.7.2 Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon 0,3%-0,6%. Baja ini memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi, kekuatan tarik dan batas regang yang lebih tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit digunakan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan (*quenching*) dengan baik. Baja karbon menengah dapat digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain-lain.

2.7.3 Baja karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6%-1,7% dan memiliki ketahanan panas yang tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik yang paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools*. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalam baja, maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji dan lain-lain.

2.8 Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Pengelasan merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan produksi logam. Berdasarkan proses penyambungannya pengelasan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. *Gas Metal arc Welding* (GMAW)
- b. *Submerged Arc Welding* (SAW)
- c. *Flux Core Arc Welding* (FCAW)
- d. *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)
- e. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)

2.8.1 *Gas Metal Arc Welding* (GMAW)

Pengelasan GMAW biasanya digunakan pada pengelasan fabrikasi *steel structure* material CS menggunakan CO₂ atau campurannya. Pada pengelasan jenis ini sangat menguntungkan untuk tonase yang besar karena kecepatannya sangat tinggi (tanpa harus berhenti untuk mengganti kawat las).

2.8.2 *Submerged Arc Welding* (SAW)

Pengelasan SAW pada pengoprasiaannya dilakukan secara mekanik dan semi otomatis. Sistem mekanik dapat digunakan apabila posisi pengelasan *flat*, sedangkan pada sistem semi otomatis digunakan apabila pekerjaan memerlukan

kualitas yang konsisten. Pada pengelasan jenis ini banyak digunakan pada material yang berbentuk plat yang tebal.

2.8.3 Flux Core Arc Welding (FCAW)

Pengelasan FCAW merupakan macam-macam pengelasan yang hampir sama dengan proses pengelasan GMAW. Pada proses pengelasan jenis FCAW ini menggunakan elektroda berinti sebagai pengganti *solid electrode* dan digunakan untuk menyambung logam.

2.8.4 Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Proses pengelasan GTAW pada umumnya menggunakan pengaturan arus dua jenis yaitu DCEN (*direct current electrode negative*) dan DCEP (*direct current electrode positive*). Pada pengelasan GTAW gas yang digunakan adalah gas mulia, argon, helium atau campuran argon dan helium.

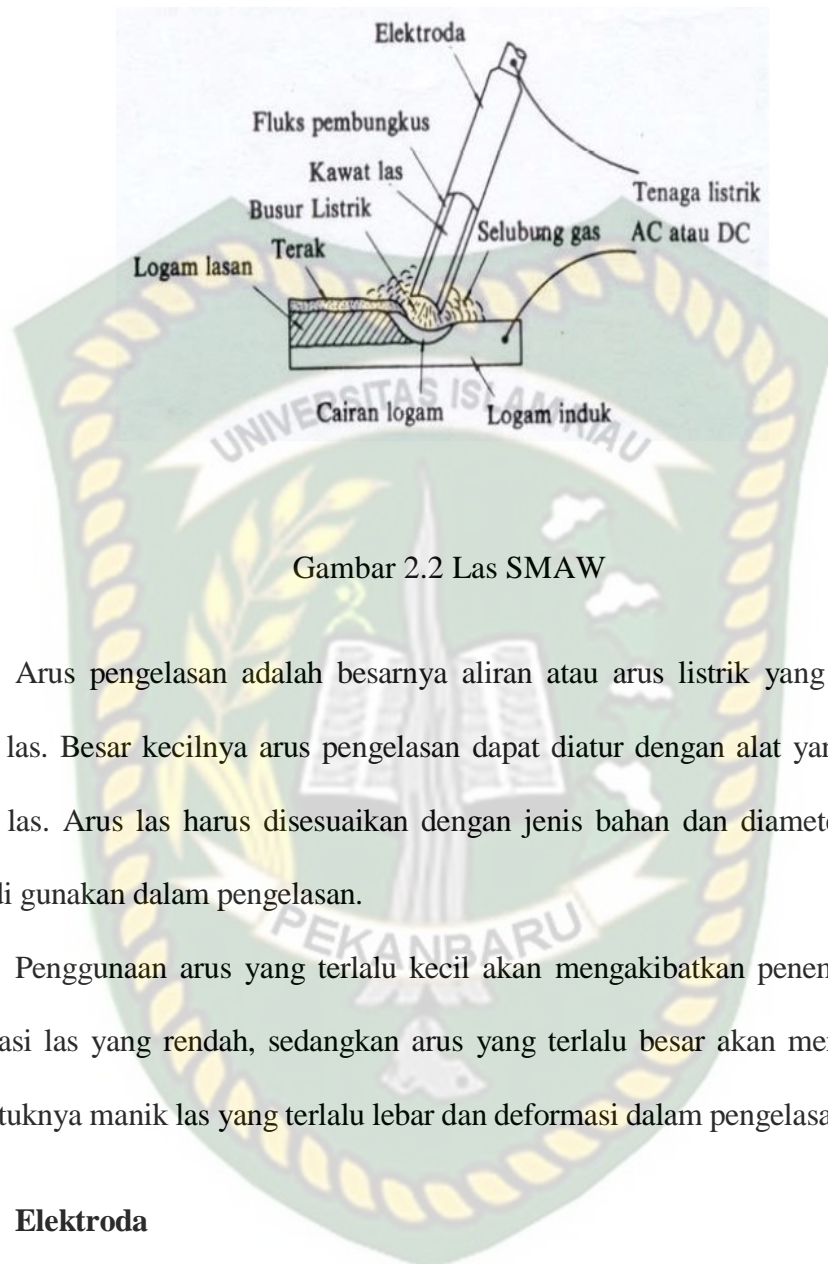
2.8.5 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Pengelasan pada jenis SMAW menggunakan elektroda terbungkus yang ikut mencair dan sekaligus sebagai bahan pengisi. Elektroda sekaligus berfungsi sebagai kutub negatif dan benda kerja sebagai kutub positif. Pada jenis pengelasan ini panas berasal dari adanya busur listrik yang menyebabkan elektroda dan logam dasar melebur bersamaan. Pengelasan SMAW digunakan hampir pada semua jenis material, sederhana, ringan dan biaya rendah.

2.9 Proses Pengelasan Elektroda Terbungkus (SMAW)

Dalam pengaplikasiannya material pegas daun termasuk jenis baja karbon medium sehingga cocok menggunakan proses pengelasan elektroda terbungkus atau SMAW. Dalam pengelasan SMAW proses pengoperasian terdiri dari busur elektroda terbungkus dan logam induk. Busur ini ditimbulkan oleh adanya sentuhan singkat elektroda pada logam dan panas yang ditimbulkan oleh busur akan meleleh pada permukaan logam induk untuk membentuk logam lelehan, kemudian akan membeku bersama.

Las busur listrik adalah proses penyambungan logam dengan pemanfaatan tenaga listrik sebagai sumber panasnya. Menurut (Arifin,1997) las busur listrik merupakan salah satu jenis las listrik dimana sumber pemanasan atau pelumeran bahan yang disambung atau di las berasal dari busur nyala listrik. Las busur listrik dengan metode elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini, cara pengelasan ini menggunakan elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Las busur listrik terbentuk antara logam induk dan ujung elektroda, karena panas dari busur, maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama. Proses las SMAW dapat dilihat pada Gambar 2.2.



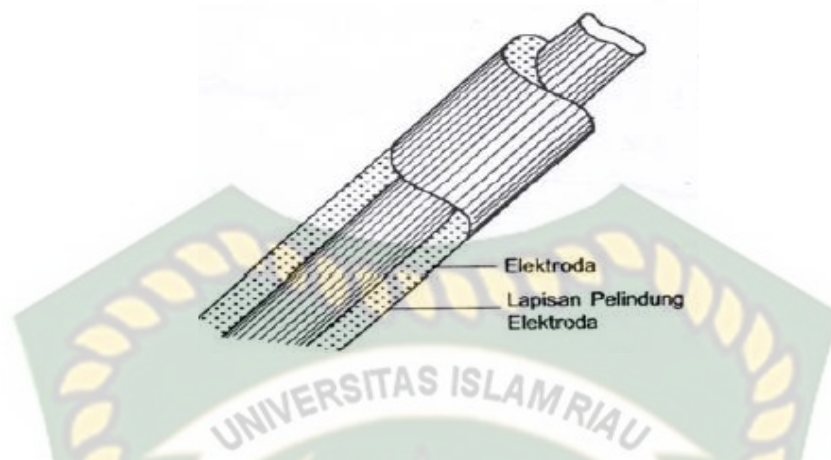
Gambar 2.2 Las SMAW

Arus pengelasan adalah besarnya aliran atau arus listrik yang keluar dari mesin las. Besar kecilnya arus pengelasan dapat diatur dengan alat yang ada pada mesin las. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan.

Penggunaan arus yang terlalu kecil akan mengakibatkan penembusan atau penetrasi las yang rendah, sedangkan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan terbentuknya manik las yang terlalu lebar dan deformasi dalam pengelasan.

2.10 Elektroda

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (Elektroda) yang terdiri dari suatu inti terbuat dari suatu logam di lapiasi oleh lapisan yang terbuat dari campuran zat kimia, selain berfungsi sebagai pembangkit, elektroda juga sebagai bahan tambah. Bagian elektroda dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bagian Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*fluks*) dan tidak bersalut yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi fluks atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Pada dasarnya bila di tinjau dari logam yang di las, kawat elektroda dibedakan menjadi elektroda untuk baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam non ferro. Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam (Suharto; 1991). Pemilihan elektroda pada pengelasan baja karbon sedang dan baja karbon tinggi harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standar system AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*).

Untuk besarnya tegangan yang dipakai setiap posisi pengelasan tidak sama. Misalnya elektrode 3 mm – 6 mm, mempunyai tegangan 20 – 30 volt pada posisi datar, dan tegangan ini akan dikurangi antara 2 – 5 volt pada posisi diatas

kepala. Kestabilan tegangan ini sangat menentukan mutu pengelasan dan kestabilan juga dapat didengar melalui suara selama pengelasan. Besarnya arus juga mempengaruhi pengelasan, dimana besarnya arus listrik pada pengelasan tergantung dari bahan dan ukuran lasan, geometri sambungan pengelasan, macam elektroda dan inti elektroda. Untuk pengelasan pada daerah las yang mempunyai daya serap kapasitas tinggi diperlukan arus listrik yang besar dan mungkin juga diperlukan tambahan panas.

Sedang untuk pengelasan baja paduan, yang daerah HAZ-nya dapat mengeras dengan mudah akibat pendinginan yang terlalu cepat, maka untuk menahan pendinginan ini diberikan masukan panas yang tinggi yaitu dengan arus pengelasan yang besar. Pengelasan logam paduan, agar untuk menghindari terbakarnya unsur-unsur paduan sebaiknya digunakan arus las yang sekecil mungkin. Juga pada pengelasan yang kemungkinan dapat terjadi retak panas, misalnya pada pengelasan baja tahan karat austenitik maka penggunaan panas diusahakan sekecil mungkin sehingga arus pengelasan harus kecil. Kecepatan pengelasan tergantung dari bahan induk, jenis elektroda, inti elektroda, geometri sambungan, ketelitian sambungan, agar dapat mengelas lebih cepat diperlukan arus yang lebih tinggi. Hubungan elektroda dengan arus dapat dilihat pada Tabel

2.1

Tabel 2.1 Hubungan Elektroda dengan Arus Pengelasan

Diameter Kawat Las (mm)	Arus Las (Ampere)
1.6	24-45
2	50-75
2.6	75-95
3.2	95-130
4	135-180
5	155-240

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah E6013 yang merupakan jenis elektroda yang cocok digunakan pada baja karbon medium. Baja E6013 banyak digunakan pada pengelasan konstruksi jembatan, perkapalan pipa *pressure*. Maksud dari elektroda E6013 adalah :

- E60xx = dua digit pertama (angka 60) menunjukkan kekuatan tariknya dalam Ksi (kilopound-square-inch).
- Angka 60 berarti kekuatan tariknya 60 ksi. Kalau dibaca dalam ukuran 'psi (pound square inch)' sama dengan 60000 psi, dimana 1 Ksi = 1000psi.
- Exx1x = digit ketiga (angka 1) adalah posisi pengelasan.
 - kode angka 1 – untuk semua posisi
 - kode angka 2 – untuk posisi flat dan horizontal
 - kode angka 3 – hanya untuk posisi flat.
- Exxx8 = digit keempat (angka 2) menunjukkan:
 - jenis salutan
 - penetrasi busur
 - arus las

- serbuk besi (%)
- E6013 dapat digunakan semua posisi (datar, horisontal, vertikal dan overhead)

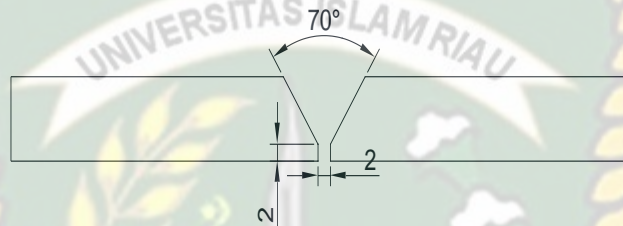
Karena dalam proses pengelasan SMAW memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panasnya, maka penentuan arus harus benar-benar diperhatikan. Arus yang kecil akan membuat penetrasi lebih rendah dibandingkan dengan arus yang besar. Akan tetapi arus yang besar membuat penetrasi yang tinggi sehingga menyebabkan tegangan sisa dan distorsi. Arus pada elektroda perlu diperhatikan dikarenakan untuk elektroda berdiameter kecil harus menggunakan arus yang kecil begitu juga sebaliknya elektroda berdiameter besar harus menggunakan arus yang besar, sesuai standar AWS (*American Welding Society*). Pada penelitian ini arus yang digunakan untuk elektroda E6013 dengan diameter 2,6 berkisar antara 75 A – 95 A.

2.11 Kampuh V

Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang akan diisi oleh logam las. Kampuh las awalnya adalah berupa kubungan las yang kemudian diisi dengan logam las. Kampuh V Tunggal banyak digunakan pada sistem sambungan pada pelat-pelat tebal. Untuk pengelasan dengan kampuh V tunggal dilakukan pengelasan pada satu sisi (*single side*) dengan urutan pengelasan mulai dari akar (*root*), pengisian (*Filler*), dan penutup (*capping*). Hasil penyambungan logam melalui pengelasan hendaknya menghasilkan sambungan yang berkualitas dari segi kekuatan dan lapisan las dari bahan atau logam yang dilas, di mana untuk menghasilkan

sambungan las yang berkualitas hendaknya kedua ujung/bidang atau bagian logam yang akan dilas perlu di berikan suatu bentuk kampuh las tertentu (Sonawan, 2004).

Sambungan kampuh V terbuka dipergunakan untuk menyambung pelat dengan ketebalan 6-15 mm dengan sudut kampuh antara 60° - 80° , jarak akar 2 mm,



tinggi akar 1-2 mm (Soetardjo, 1997: 57). Kampuh V dapat dilihat pada Gambar 2.4

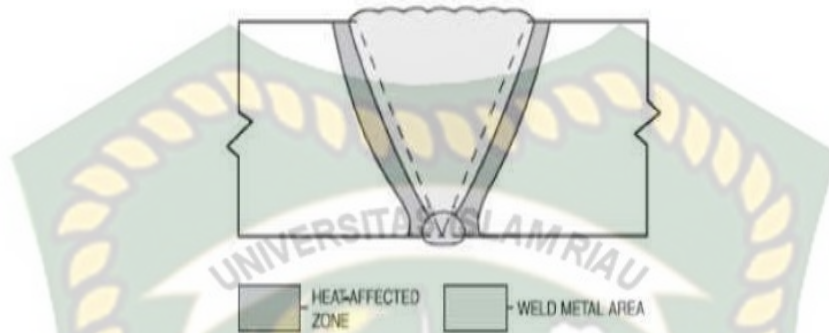
Gambar 2.4 Kampuh V

2.12 Daerah Pengaruh Panas (HAZ)

Tiga daerah hasil pengelasan yang akan kita temui bila kita melakukan pengelasan daerah yang pertama yaitu logam las adalah daerah dimana terjadi pencairan logam dan dengan cepat kemudian membeku. Daerah yang kedua yaitu daerah logam induk yang mengalami perubahan struktur atau susunan dari logam akibat panas dari tindakan pengelasan. Daerah yang kedua ini sering disebut dengan *Heat Affected Zone* (HAZ). Daerah yang ke tiga adalah daerah logam itu sendiri yang tidak mengalami perubahan struktur.

Daerah HAZ merupakan daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah ini. Secara umum struktur dan sifat daerah panas efektif di pengaruhi dari lamanya

pendinginan dan komposisi dari logam induk itu sendiri. Daerah HAZ pada pengelasan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Daerah HAZ

2.13 Pengaruh Tegangan Sisa Terhadap Sifat Mekanis

Tegangan sisa menyebabkan dua efek utama. Pertama, tegangan sisa akan menyebabkan distorsi, dan kedua, tegangan sisa akan menyebabkan kerusakan dini pada logam las. Terhadap kekuatan statik, tegangan sisa dapat dikatakan tidak mempengaruhi kekuatan statik logam selama logam induk dan logam las memiliki keuletan yang cukup baik. Selain itu, tegangan sisa juga bisa menyebabkan HIC (*Hydrogen Induced Cracking*), *brittle fracture* jika dikombinasikan dengan tegangan tarik, kegagalan *fatigue*, dan *Stress Corrosion* (J. Caron, C. Heinze, dkk).

2.14 Heat Treatment

Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu ketangguhan. Perlakuan panas didefinisikan sebagai kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Perubahan tersebut terjadi karena ada perubahan struktur mikro selama proses pemanasan dan pendinginan dimana sifat logam atau paduan sangat dipengaruhi oleh struktur mikro. Proses perlakuan panas terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dari proses pemanasan bahan hingga pada suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan juga dengan cara tertentu. Tujuan dari perlakuan panas adalah dapat mendapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai yang diinginkan seperti meningkatkan kekuatan dan kekerasan, mengurangi tegangan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada keuletan bahan.

Secara umum, proses perlakuan panas adalah :

1. Memanaskan logam / paduannya sampai suhu tertentu (*heating temperature*).
2. Mempertahankan pada suhu pemanasan tersebut dalam waktu tertentu (*holding time*).
3. Mendinginkan dengan media pendingin dan laju tertentu

2.15 Post Weld Heat Treatment (PWHT)

Post Weld Heat Treatment adalah proses pemanasan dan pendinginan pada logam untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu yang diperlukan untuk suatu konstruksi, misalnya kekuatan (strength), kelunakkan (softness), memperhalus ukuran butir. PWHT bisa diterapkan pada seluruh pengelasan atau hanya setempat. PWHT dilakukan karena alasan seperti mengurangi tegangan sisa (residual stress), distorsi, mengurangi kekerasan didaerah pengelasan dan daerah HAZ, meningkatkan ketangguhan (toughness), mengeluarkan hydrogen dari logam las, menghindarkan kerja dingin dari logam las, meningkatkan keuletan (ductility), meningkatkan daya tahan terhadap retak karena faktor lingkungan (environmental cracking) dan serangan karat.

2.16 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dan kadar setiap unsur yang terkandung didalam baja sehingga baja lebih mudah diklasifikasikan menjadi dua kelompok baja karbon yaitu (baja tanpa paduan, *plain carbon seel*) dan baja paduan,(Priyanto, 2011). Jenis-jenis baja biasanya ditentukan berdasarkan unsur karbon yang terkandung didalam material baja tersebut. Baja karbon bukan hanya baja yang terdiri dari baja dan karbon saja tetapi masi memiliki unsur-unsur lain yang terkandung didalam baja hanya saja kandungan-kandungan lain tersebut masi dalam batas-batas tertentu yang tidak

banyak mempengaruhi terhadap sifat asli dari baja tersebut. Unsur-unsur ini biasanya berasal dari pembuatan besi/baja seperti mangan, silicon, dan beberapa unsur-unsur kotoran seperti belerang, posfor, oksigen, nitrogen, dan unsur lain dan biasanya unsur tersebut ditahan sampai kadar yang sangat kecil. Baja dengan kadar mangan kurang dari 0,8 %, silikon kurang dari 0,5 % dan unsur lain sangat sedikit, dapat dianggap sebagai baja karbon. Untuk baja paduan sendiri biasanya diberikan unsur-unsur paduan tertentu untuk mendapat sifat-sifat tertentu pula. (Suarsana, 2017).

2.17 Pengujian Kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen. Untuk para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam.

Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu: (1) Kekerasan goresan (scratch hardness); (2) Kekerasan lekukan (indentation hardness); (3) Kekerasan pantulan (rebound). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: Uji kekerasan Brinell, Vickers, Rockwell, Knoop, dan sebagainya.

2.18 Uji Kekerasan Vickers

Uji kekerasan *vickers* menggunakan indentor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujursangkar. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136°. Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell.

Angka kekerasan *vickers* didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal injakan (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

Karena jejak yang dibuat dengan penekan piramida serupa secara geometris dan tidak terdapat persoalan mengenai ukurannya, maka VHN tidak tergantung kepada beban. Pada umumnya hal ini dipenuhi, kecuali pada beban yang sangat ringan. Beban yang biasanya digunakan pada uji Vickers berkisar antara 1 hingga 120 kg. tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji. Hal-hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode vickers adalah: (1) Uji ini tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian ini sangat lamban, (2) Memerlukan persiapan permukaan benda uji yang hati-hati, dan (3) Terdapat

pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonal. Tipe-tipe lekukan pyramid intan dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Tipe-tipe lekukan piramid intan: (a) lekukan bujur sangkar, (b) lekukan bantal jarum, (c) lekukan berbetuk tong.

Lekukan yang benar yang dibuat oleh penekan piramida intan harus berbentuk bujur sangkar (Gambar 2.6 a). Lekukan bantal jarum (Gambar 2.6 b) adalah akibat terjadinya penurunan logam di sekitar permukaan piramida yang datar. Keadaan demikian terjadi pada logam-logam yang dilunakkan dan mengakibatkan pengukuran panjang diagonal yang berlebihan. Lekukan berbentuk tong (Gambar 2.6 c) akibat penimbunan ke atas logam-logam di sekitar permukaan penekan terdapat pada logam-logam yang mengalami proses pengerjaan dingin.

2.19 Pengujian Mikrostruktur

Mikrostruktur adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik *metalografi*. *Mikrostruktur* suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sebelum dilihat dengan mikroskop,

permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian reaksikan dengan *reagen* kimia untuk mempermudah pengamatan. Proses ini dinamakan *etching*.

Untuk mengetahui sifat dari suatu logam, kita dapat melihat struktur mikronya. Setiap logam dengan jenis berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda. Dengan melalui diagram fasa, kita dapat melihat struktur mikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi dan temperatur tertentu. Dan dari struktur mikro kita dapat melihat :

1. Ukuran dan bentuk butir,
2. Distribusi fasa yang terdapat dalam material khususnya logam,
3. Pengotor yang terdapat dalam material.

Dari struktur mikro kita juga dapat memprediksi sifat mekanik dari suatu material sesuai dengan yang kita inginkan.

2.20 Pengujian *Impact*

Suatu teknologi akan berfungsi dengan baik dan maksimal apabila terbuat dari bahan atau material yang baik pula. Produk-produk elektronik, alat transportasi dan bahan bangunan akan memiliki fungsi baik apabila bahan penyusunnya merupakan bahan dengan sifat mekanik yang baik.

Salah satu sifat mekanik material adalah keuletannya, tingkat keuletan material menentukan fungsinya ketika digunakan. Tingkat kegetasan material terpengaruh oleh beberapa hal, seperti beban kejut, tekikan, suhu dan lain-lain. Untuk mengetahui keuletan daripada suatu material perlu dilakukan suatu pengujian bahan. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui keuletan material

adalah pengujian impak. Pengujian dilakukan pada beberapa sampel atau spesimen dari suatu jenis material. Pengujian impak dapat dilakukan dengan dua metode yaitu dengan metode *charpy* dan metode *izod*. Dalam pengujian ini yang digunakan adalah metode *charpy*.

Pengujian impak merupakan salah satu uji mekanik yang dapat dipakai untuk menganalisis karakteristik bahan seperti kemampuan bahan terhadap benturan dan karakteristik keuletan bahan terhadap perubahan suhu. Alat uji impak merupakan salah satu alat uji yang sering digunakan dalam pengembangan bahan struktur material dalam mengukur kemampuan beban kejut.

Pengujian impak juga merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan secara tiba-tiba.

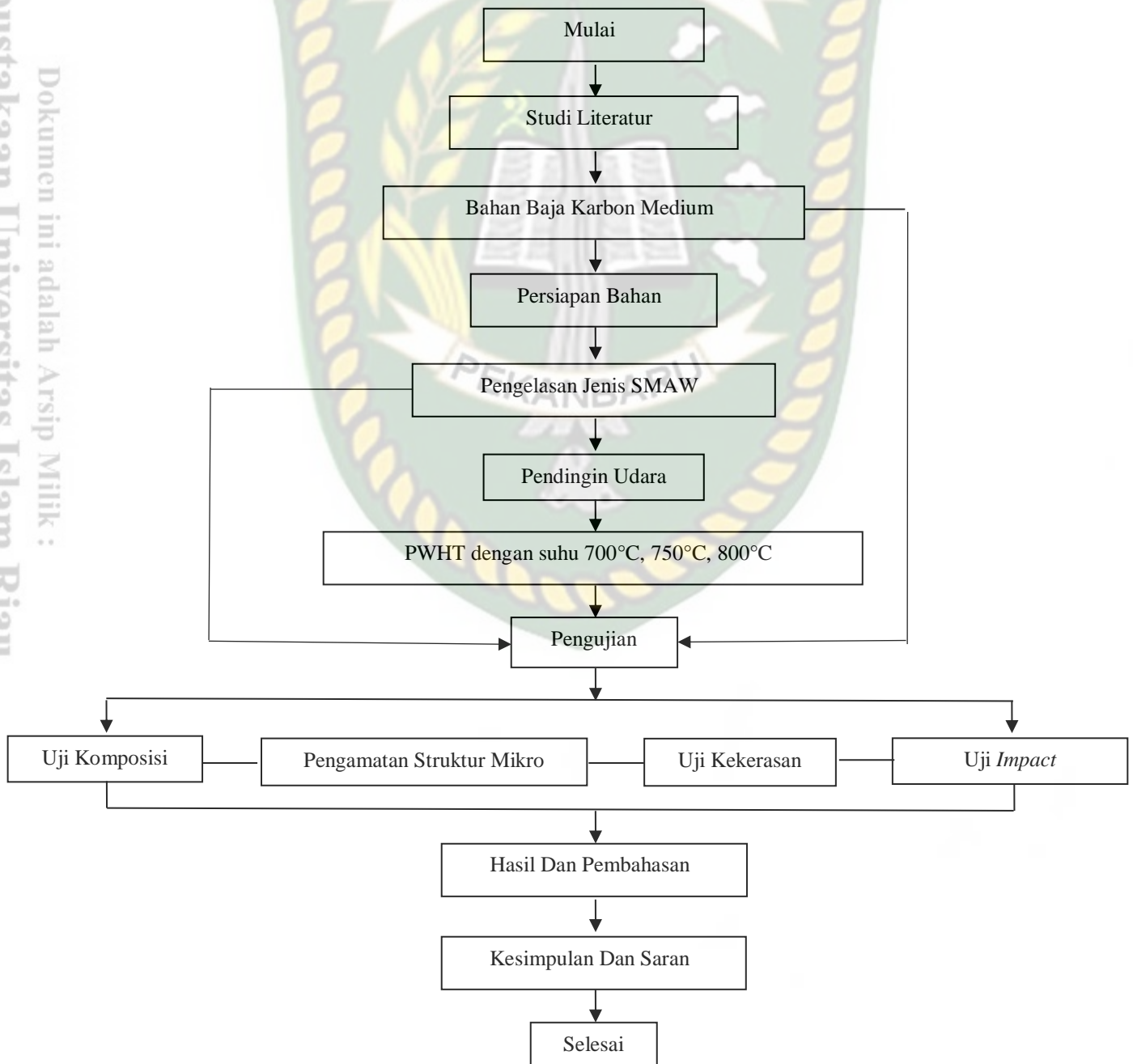
Pada pengujian impak banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impak atau ketangguhan bahan tersebut. Material yang ulet akan menunjukkan harga impak yang besar dengan menyerap energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tentu akan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami perubahan bentuk. Pengujian impact dengan metode *charpy* Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang dapat di lihat dengan alir.



3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan dimulai dari pemotongan spesimen, persiapan bahan dan alat uji coba. Adapun proses pengambilan data dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

3.3 Alat Dan Bahan

Peralatan dan bahan merupakan unsur utama dalam sebuah penelitian, dimana alat yang digunakan sebagai penunjang utama untuk mendapatkan hasil penelitian. Sedangkan bahan berguna sebagai bantuan untuk memperoleh hasil pengujian yang memperoleh hasil pengujian yang maksimal, adapun alat dan bahan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada proses penelitian ini adalah :

1. Mesin las listrik AC/DC



Gambar 3.1 Mesin Las AC/DC

2. Kikir

Kikir adalah alat perkakas tangan yang digunakan untuk pengikisan benda kerja. Kegunaan kikir pada pekerjaan penyayatan untuk meratakan dan menghaluskan suatu bidang, membuat rata dan menyiku antara bidang satu dengan bidang yang lainnya. Bentuk dari kikir yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kikir baja

3. Gerinda

Gerinda berfungsi untuk memotong material sesuai dengan ukuran yang diperlukan. Bentuk dari gerinda tangan yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Gerinda tangan

4. Sikat baja

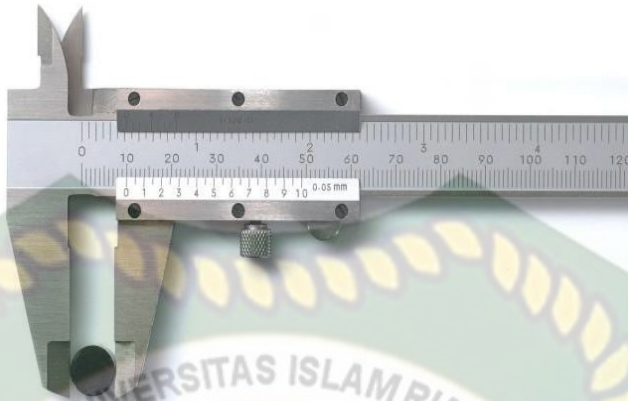
Sikat baja merupakan perkakas yang digunakan untuk membersihkan area sekitar meja kerja, peralatan bengkel seperti kikir, dan benda las yang memiliki retak. Bentuk dari sikat baja bisa kita lihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sikat baja

5. Alat ukur (Jangka Sorong)

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur diameter, lebar dan panjang material pengujian. Bentuk dari alat ukur dapat kita lihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Alat ukur (Jangka Sorong)

6. Perlengkapan keselamatan (sarung tangan)

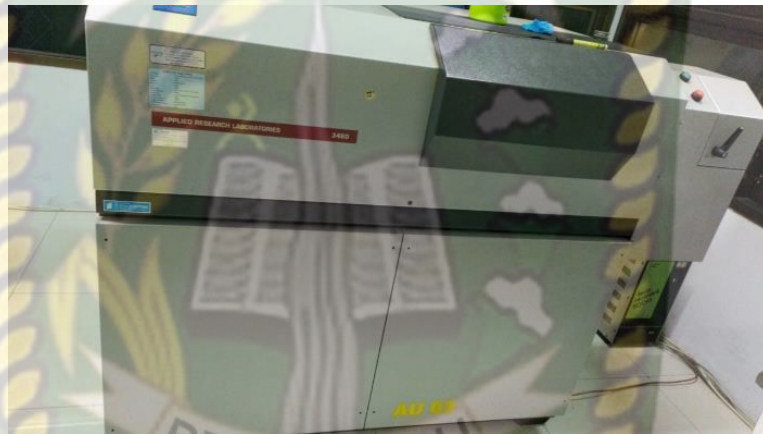
Sarung tangan digunakan pada saat pengelasan agar melindungi tangan terkena panas pada saat pengelasan dan setelah pengelasan. Bentuk dari sarung tangan yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sarung tangan untuk pengelasan

7. Mesin uji komposisi kimia

Komposisi kimia merupakan suatu uji yang bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada logam atau baja dari suatu benda uji. Pada penelitian ini menggunakan mesin tipe ARL 3406 *Optical Emission Spectrometer* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Pengujian ini dilakukan dilaboratorium pengujian material Politeknik Manufaktur bandung.



Gambar 3.7 Mesin Uji Komposisi Kimia Tipe ARL 3406 *Optical Emission Spectrometer*

8. Mesin uji kekerasan (*Vickers*)

Pengujian kekerasan *vickers* untuk mengetahui nilai kekerasan dari hasil pengelasan baja pegas daun dengan variasi suhu *post weld heat treatment* (PWHT), pengujian ini menggunakan metode *vickres* (VHN). Pengujian ini menggunakan alat uji tipe FR-100e (Future-Tech Corp). Bentuk alat uji kekerasan bisa dilihat pada Gambar 3.8. Pengujian kekerasan dilakukan dilaboratorium pengujian material Politeknik Manufaktur Bandung.



Gambar 3.8 Mesin Uji Kekerasan Tipe FR-100e (*Future-Tech Crop*)

9. Mesin uji *impact*

Mesin uji *impact* merupakan alat mekanis yang digunakan untuk menguji ketangguhan suatu spesimen bila diberikan beban secara tiba-tiba melalui proses tumbukan. Pada pengujian ini alat yang digunakan memiliki tipe HT-8041A 50-Kg-M seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9. Pengujian *impact* dilakukan di laboratorium pengujian material Politeknik Manufaktur Bandung.



Gambar 3.9 Mesin Uji *Impact* Tipe HT-8041A 50-Kg-M

10. Alat pengamatan struktur mikro (mikroskop)

Mikroskop merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui bentuk, besar, orientasi butiran dan jumlah fasa yang ada dalam material. Pada penelitian ini menggunakan mikroskop optic Olympus GX71 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10. Penggunaan alat ini dilakukan di laboratorium pengujian material Politeknik Manufaktur Bandung.



Gambar 3.10 Mikroskop Optik Olympus GX71

3.3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada proses penelitian ini adalah :

1. Pegas daun (Baja Karbon Medium)
2. Elektroda las yang digunakan E6013
3. Cairan esta dan pasta alumina digunakan untuk melakukan pengamatan metalografi.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

a. Metode Pengelasan

Metode pengelasan yang digunakan dalam pembuatan specimen adalah sebagai berikut :

1. Pengelasan dengan posisi datar.
2. Jenis elektroda yang digunakan E6013
3. Arus listrik yang digunakan sebesar 75 A - 95 A.
4. Kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut kampuh 60° .

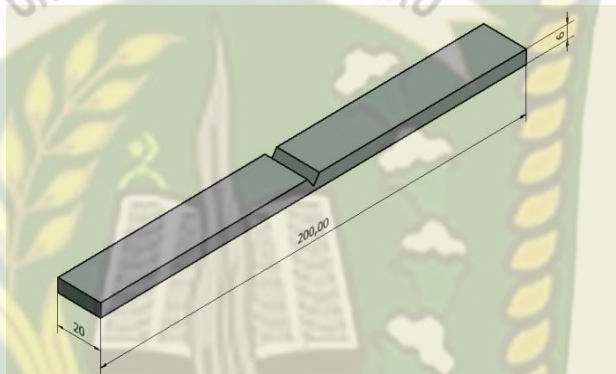
b. Pembuatan spesimen

Pembuatan specimen dalam pengujian ini melalui beberapa tahapan, hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil benda uji yang presisi dan hasil yang optimal dalam penelitian.

3.4.1 Proses Pembuatan Kampuh V

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pembuatan kampuh V adalah :

1. Memasang material pada ragum, selanjutnya potong material dengan panjang 5 cm, 15 cm dan lebar 1 cm.
2. Membuat kampuh V dengan sudut 60° ini berarti tiap ujung bahan dipotong dengan kemiringan 30° .
3. Setelah kampuh terbentuk potong material menjadi dua bagian yang ditunjukkan pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Kampuh V

3.4.2 Proses Pengelasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah :

1. Memasang kabel pada mesin las AC/DC sesuai dengan pemasangannya.
2. Menyetel ampere meter yang digunakan untuk memngukur arus pada posisi jarum angka nol, kemudia salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digerakan pada masa sampai jarum pada ampere meter menunjuk angka 120 A.

3. Setelah semua diatur kemudian lakukan pengelasan dengan posisi mendatar.
4. Setelah pengelasan material didinginkan dengan media pendingin udara.

3.4.3 Proses *Post Weld Heat Treatment* (PWHT)

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *Post Weld Heat Treatment* adalah sebagai berikut :

1. Hidupkan saklar on/of.
2. Masukkan benda uji pada setiap variasi temperature.
3. Set temperatur ke 1 pada suhu yang digunakan.
4. Atur waktu dari pemanas (dimulai 0 menit s/d 120 menit).
5. Selanjutnya atur *holding time* selama 1 jam + *alrm*.
6. Setelah pengaturan temperatur selesai, tekan END kemudian ENTER selanjutnya tekan RUN.

3.5 Metode Pengujian Bahan

Metode yang dilakukan pada baja karbon medium adalah sebagai berikut :

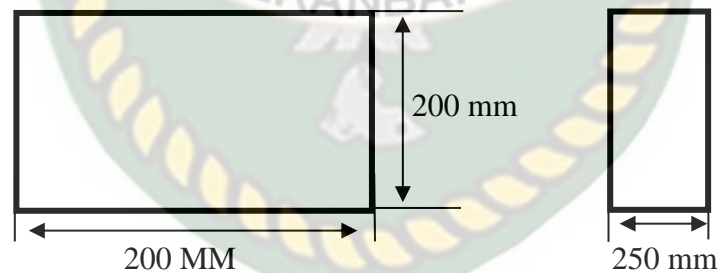
3.5.1 Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi ini dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung didalam baja juga untuk mengetahui jenis baja yang digunakan sehingga bisa mengetahui sifat mekanis baja yang diuji.

Prosedur pengujian komposisi (*spectrometry*) adalah sebagai berikut:

1. Meratakan benda uji dengan gerinda.
2. Membersihkan dan mengeringkan benda uji agar bebas dari lemak, kotoran, dan bekas tangan.
3. Memasang benda uji pada ruang penembakan.
4. Mengatur ketinggian penekanan sesuai dengan ketebalan benda uji.
5. Pastikan benda uji menutupi lubang penembakan.
6. Menutup pintu penembakan hingga terkunci dengan benar.
7. Memulai pengujian komposisi elemen paduan.
8. Membuka kolom analisis yang terdapat pada layer computer.
9. Memilih baris *routine analysis* dengan menggunakan *mouse printer*.
10. Kemudian memilih baris *unknown %* dengan cara mengklik garis tersebut atau dengan cara menekan tombol F2.
11. Memilih salah satu program yang sesuai dengan bahan yang akan diuji dengan cara mengklik *change task*.
12. Memastikan pada kolom *analytical programe* tertulis program yang kita tulis disisi paling kiri.
13. Mengklik *select* dan memilih juga program yang sesuai dengan bahan yang akan diuji.
14. Memilih kolom *sample indentifier*, lalu mengisi semua kotak dengan data-data pengujian yang akan dilakukan.
15. Melakukan penembakan (*sparking*) dengan cara mengklik *sample detail* ok atau dengan cara menekan tombol *enter* pada *keyboard*.

16. Mengubah posisi benda untuk melakukan penembakan berikutnya pada benda uji yang sama, sehingga tidak terjadi penembakan didarah yang sama. Kemudian melakukan penembakan sekali lagi dengan mengklik *analyze again* atau menekan tombol *enter*.
17. Memeriksa apakah data yang muncul dari beberapa kali sudah memenuhi standar deviasi yang di tentukan atau belum. Jika belum maka kembali ke langkah 16.
18. Mengklik *analysis complete* kemudian mengklik *continue*.
19. Mengklik *yes* pada perintah selanjutnya jika data akan disimpan dan mengklik *no* jika data tidak disimpan.
20. Mencetak data komposisi elemen paduan dalam bentuk dokumen.
Pada pengujian komposisi kimia spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12 Spesimen Uji Komposisi

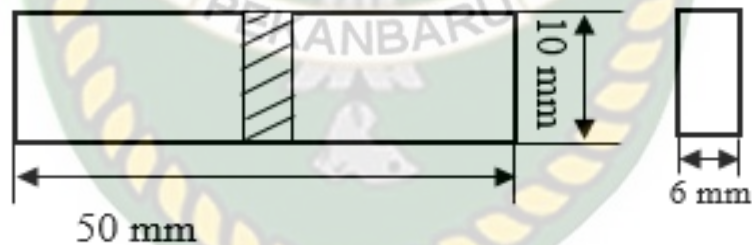
3.5.2 Kekerasan Material

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan material baja karbon tinggi. Metode yang digunakan dalam uji kekerasan adalah *Micro Hardness Vickers* (HV). Alat pengujian kekerasan ini memakai indenter terbentuk

pyramid yang membuat jejak pada material dengan pembebanan tertentu. Pengujian ini dilakukan di Politeknik Manufaktur Bandung. Dimana proses pengujian adalah sebagai berikut :

1. Menyalakan mesin *micro Vickers*
2. Meletakkan benda uji pada dudukannya
3. Mikroskop difokuskan melalui pengatur kasar
4. Penjejak atau diamond diarahkan pada posisi penjejakan atau daerah HAZ
5. Indentor ditekan ke benda uji dengan beban 1000 gram
6. Tunggu penekanan sampai selesai
7. Bebaskan gaya dan lepaskan indentor dari benda uji
8. Ukur diagonal lekukan persegi menggunakan mikroskop pengukur.

Specimen uji dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Spesimen Uji Kekerasan ASTM E92

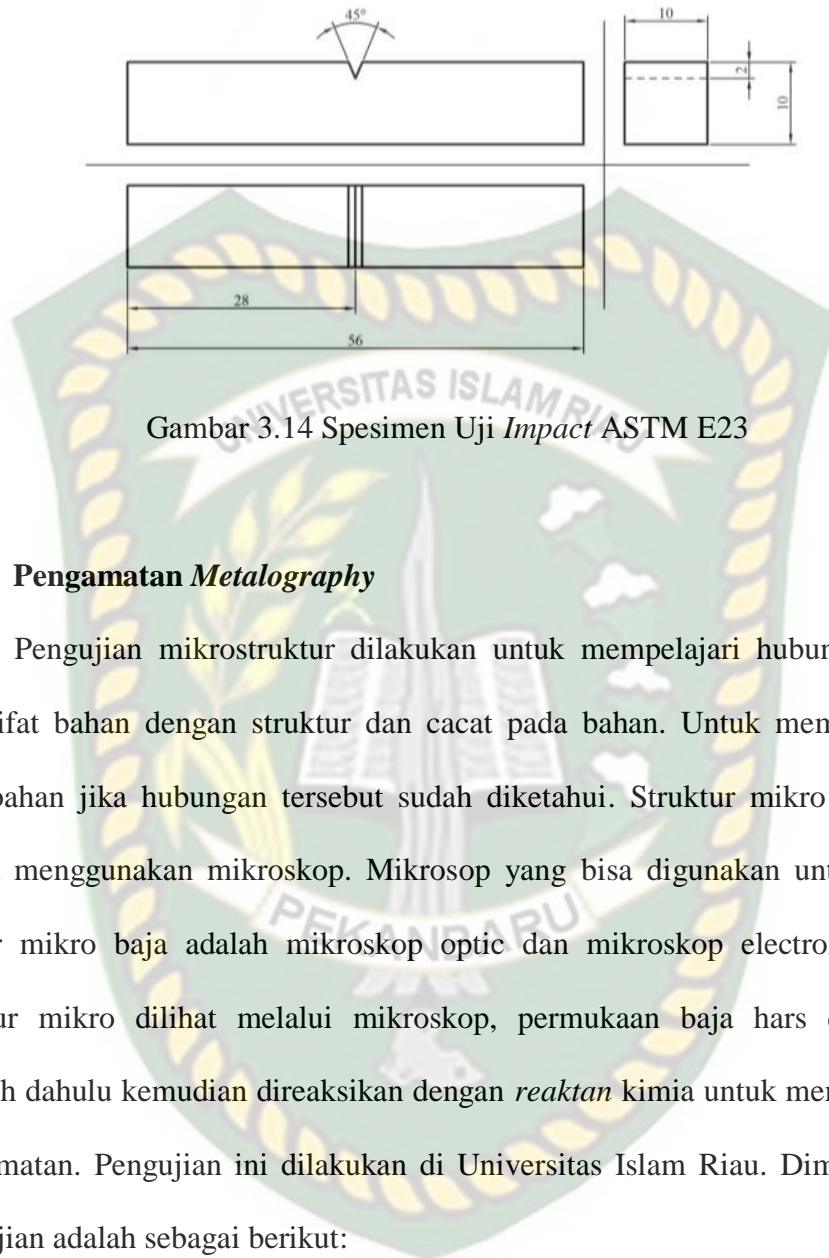
3.5.3 Uji *Impact*

Pada proses pengujian impact yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode charpy, adapun prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Langkah-langkah pengujian impak metode charpy sebagai berikut :

1. dengan menggunakan jangka sorong lakukan pengukuran luas area dibawah takik dari sampel uji. Catat hasil pengukuran didalam lembar data.
2. Hidupkan kompresor dan tunggu tekanan sampai 6 bar.
3. Buka *safety guard* mesin, siapkan mesin uji, pasang spesimen pada pemegangnya dan Angkat hammer dengan tangan dan pasang kunci.
4. Pastikan jarum penunjuk ke posisi 300 joule.
5. Letakan spesimen yang akan diuji pada tempat dudukan spesimen, atur posisi spesimen dan Tutup pengaman mesin (safety guards).
6. Tekan tombol yang terletak disafety guards, lalu pendulum memukul spesimen uji.
7. Setelah itu bawa pendulum dengan hati-hati keposisi semula dengan menarik pendulum break secara perlahan.
8. Baca posisi jarum dan baca skala dial, catat hasil pembacaan.
9. Ambil benda uji dan amatilah permukaan patahannya didalam lembar data.
10. Ulangi pengujian untuk sampel-sampel lainnya.

Spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Spesimen Uji *Impact* ASTM E23

3.5.4 Pengamatan *Metalography*

Pengujian mikrostruktur dilakukan untuk mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat pada bahan. Untuk memperkirakan sifat bahan jika hubungan tersebut sudah diketahui. Struktur mikro baja dapat dilihat menggunakan mikroskop. Mikroskop yang bisa digunakan untuk melihat struktur mikro baja adalah mikroskop optic dan mikroskop electron, sebelum struktur mikro dilihat melalui mikroskop, permukaan baja harus dibersihkan terlebih dahulu kemudian direaksikan dengan *reaktan* kimia untuk mempermudah pengamatan. Pengujian ini dilakukan di Universitas Islam Riau. Dimana proses pengujian adalah sebagai berikut:

1. Permukaan spesimen yang akan dilihat struktur mikronya dimplas hingga halus dengan menggunakan amplas yang sudah disediakan memakai mesin pemoles. Agar permukaan tidak terlihat bercak amplas maka permukaan spesimen dipoles dengan menggunakan pasta alumina.
2. Kekasaran amplas adalah 180, 240, 400, 800, 1200, 1500, 2000.

3. Permukaan yang telah dihaluskan dan dipoles kemudian di *esta* menggunakan campuran cairan kimia yaitu : Nitric Acid + Ethanol (1:50).
4. Bagian yang telah di *esta* dilihat strukturnya menggunakan mikroskop dengan maksimal pembesaran 500x.pada proses ini struktur mikro dari spesimen dilihat dan ditentukan.
5. Foto hasil pengamatan mikrostruktur dengan menggunakan kamera.

Gambar ukuran spesimen pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 3.15 Spesimen Pengamatan Struktur Mikro ASTM-92

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengelasan pada material pegas daun dan dilakukan pemanasan dengan suhu 700°C, 750°C, 800°C, selanjutnya pada material dilakukan pengujian komposisi, kekerasan, *impact* dan pengamatan struktur mikro. Hasil pengujian dijelaskan pada bagian berikut.

4.1 Komposisi Kimia Baja Pegas Daun

Unsur-unsur yang terkandung didalam baja sangat mempengaruhi sifat mekanis dari baja yang bersangkutan. Jenis-jenis baja pada umumnya ditentukan berdasarkan kandungan unsur karbon yang terkandung didalam material baja tersebut. Hasil uji komposisi kimia ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

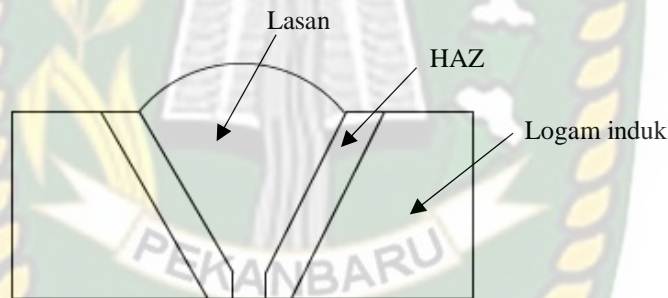
Tabel 4.1 Komposisi kimia baja karbon medium

No	Unsur	Nilai(%)
1	Carbon (C)	0,593
2	Silicon (Si)	0,238
3	Sulfur (S)	0,010
4	Phosphorus (P)	0,012
5	Manganese (Mn)	0,812
6	Nickel (Ni)	0,05
7	Chromium (Cr)	0,73
8	Molybdenum (Mo)	0,021
9	Vanadium (V)	0,004
10	Copper (Cu)	0,091
11	Wolfram/Tungsen (W)	0,003
12	Titanium (Ti)	0,006
13	Tin (Sn)	0,005
14	Aluminium (Al)	0,006
15	Plumbun/Lead (Pb)	0,0008
16	Antimony (Sb)	0,000
17	Niobium (Nb)	0,000
18	Zirconium (Zr)	0,000
19	Zinc (Zn)	0,002
20	Ferro/Iron (Fe)	97,425

Tabel diatas menunjukkan data unsur komposisi kimia yang terdapat didalam material pegas daun. Berdasarkan kandungan karbon dalam material dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan dalam penelitian ini tergolong kedalam *medium carbon steel* atau baja karbon sedang sebesar 0,593%. Unsur penyusunan utama besi (Fe = 97,425%), mangan (Mn = 0,812%), Chrom (Cr = 0,73%).

4.2 Kekerasan Material Pegas Daun

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode *Vickers*. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan pada pegas daun keadaan awal dan yang telah dilakukan proses pengelasan serta yang sudah dilakukan *heat treatment* dengan variasi suhu 700°C, 750°C, 800°C. Pengujian kekerasan *Vickers* dilakukan pada spesimen pegas daun setelah dilas (*weld*), daerah HAZ (*Heat Affection Zone*) dan daerah induk (*base metal*) seperti diperlihatkan pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Daerah titik pengujian kekerasan *Vickers*

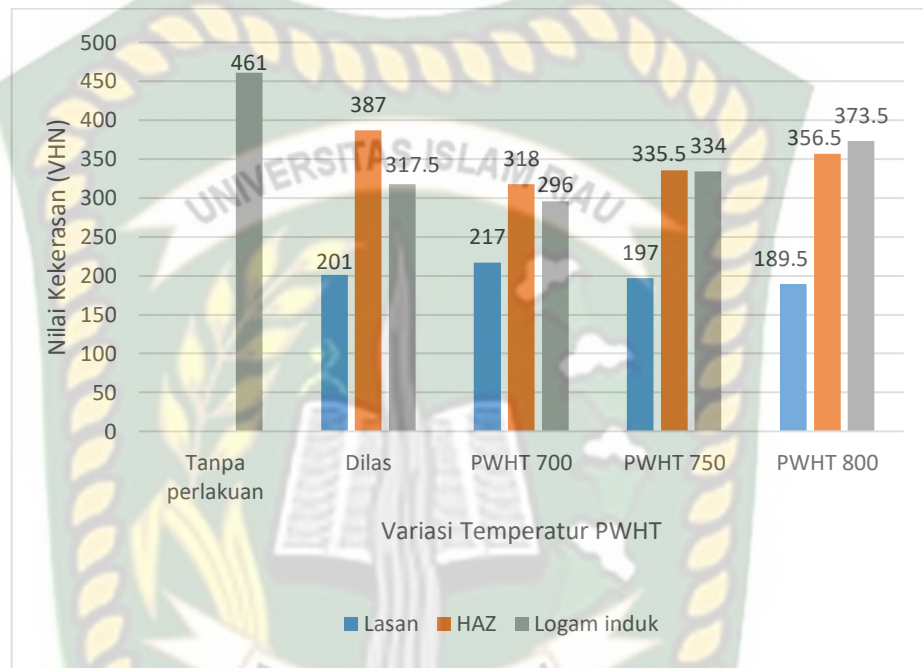
Data hasil uji kekerasan diperlihatkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data hasil pengujian kekerasan *Vickers*

NO	PARAMETER	KODE	D1	D2	D avg	HV
			HASIL PENGUJIAN			
1	Tanpa pengelasan		44,5	44,8	44,7	465
2			44,6	45,4	45,0	458
3			45,0	45,3	45,2	455
4			44,6	44,8	44,7	464
5			44,6	45,0	44,8	462
			Total rata-rata			461

1	Di Las	Base	50,8	50,9	50,9	359
2			57,5	58,5	58,0	276
			Total rata-rata			317,5
3		HAZ	48,1	47,6	47,9	405
4			50,1	50,1	50,1	369
			Total rata-rata			387
5		Lasan	68,0	67,7	67,9	201
6			69,2	69,7	69,5	201
			Total rata-rata			201
1	Heat Treatment 700°C	Base	57,1	56,4	56,8	288
2			55,5	54,9	55,2	304
			Total rata-rata			296
3		HAZ	55,3	53,8	54,6	312
4			54,0	53,0	53,5	324
			Total rata-rata			318
5		Lasan	65,9	65,5	65,7	215
6			64,9	65,2	65,1	219
			Total rata-rata			217
1	Heat Treatment 750°C	Base	52,8	52,5	52,7	334
2			52,0	53,4	52,7	334
			Total rata-rata			334
3		Haz	52,8	53,3	53,1	329
4			52,0	52,1	52,1	342
			Total rata-rata			335,5
5		Lasan	68,3	69,3	68,8	196
6			67,7	69,2	68,5	198
			Total rata-rata			197
1	Heat Treatment 800°C	Base	51,0	50,1	50,6	363
2			49,5	48,8	49,2	384
			Total rata-rata			373,5
3		Haz	51,0	51,1	51,1	356
4			50,8	51,1	51,0	357
			Total rata-rata			356,5
5		Lasan	68,2	69,8	69,0	195
6			70,3	71,8	71,1	184
			Total rata-rata			189,5

Adapun perbandingan nilai kekerasan pada pengelasan pegas daun dengan variasi suhu *post weld heat treatment* (PWHT) 700°C, 750°C, 800°C dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Spesimen baja Pegas daun

Nilai kekerasan pada material tanpa perlakuan memiliki nilai kekerasan 461 HV. Pada material yang dilas memiliki nilai kekerasan di daerah logam induk sebesar 317.5 HV, untuk daerah HAZ sebesar 387, sedangkan untuk daerah lasan sebesar 201 HV.

Nilai kekerasan pada material yang dilas dan di beri perlakuan panas sangat bervariasi. Pada suhu 700°C, 750°C dan 800°C memiliki nilai kekerasan pada logam induk sebesar 296 HV, 334 HV dan 373.5 HV, dan nilai kekerasan pada daerah HAZ sebesar 318 HV, 335.5 HV dan 356,5 HV. Sedangkan nilai kekerasan yang dibagian lasan sebesar 217 HV, 197 HV dan 189.5 HV.

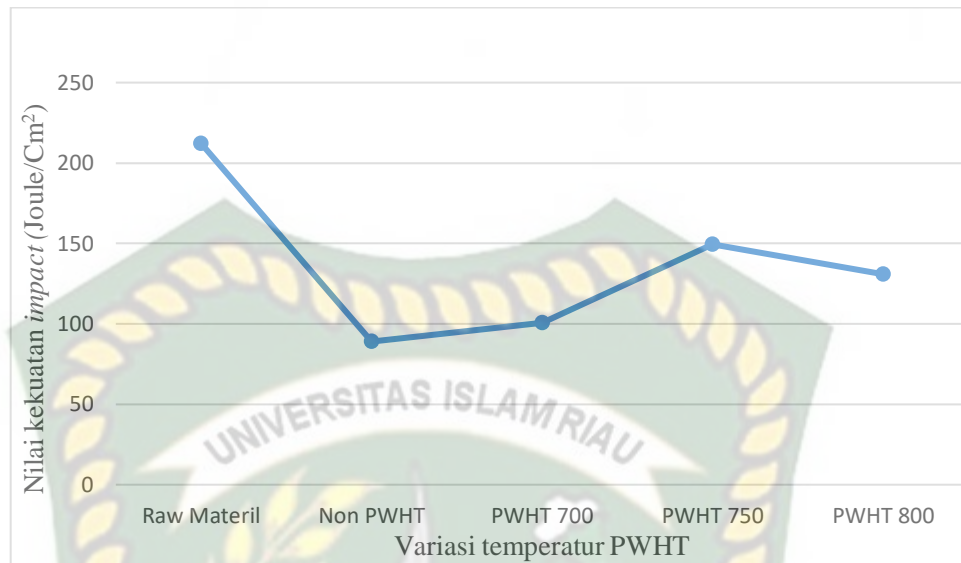
4.3 Ketangguhan Material Pegas Daun

Pengujian *Impact* telah dilakukan dengan menggunakan *Impact Charpy Test* terhadap seluruh spesimen pegas daun yang diberi perlakuan *Heat Treatment* dengan variasi suhu pemanasan. Hasil dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Harga *Impact*

Spesimen	Luas Penampang (cm ²)	Energi Yang Diserap (Joule)	Kekuatan <i>Impact</i> (Joule/cm ²)
Base Material	0,890	188,786	212,12
Hanya Dilas	0,734	65,308	88,99
Heat Treatment 700°C	0,755	75,931	100,53
Heat Treatment 750°C	0,878	130,988	149,27
Heat Treatment 800°C	0,819	107,189	130,84

Adapun perbandingan kekuatan *impact* pada pengelasan pegas daun dengan variasi suhu *Heat treatment* 700°C, 750°C, 800°C dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Harga *Impact* Spesimen Baja Pegas Daun

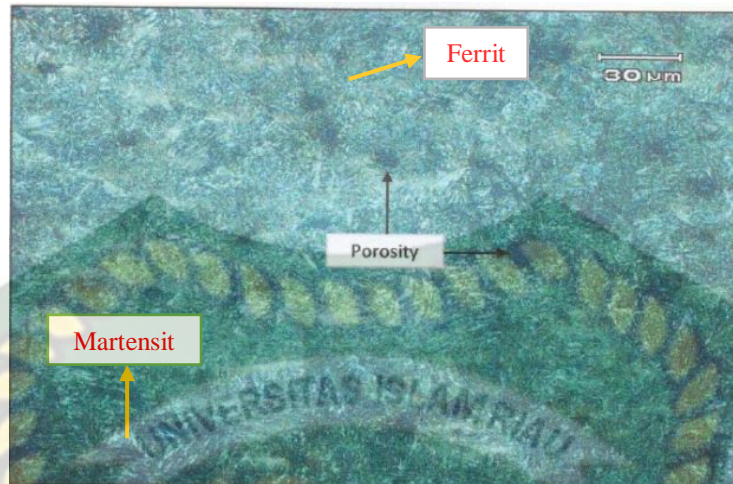
Nilai kekuatan *impact* pada logam induk adalah 212.19 Joule/Cm² dan nilai kekuatan *impact* pada material yang hanya di las adalah sebesar 88.99 Joule/Cm², sedangkan nilai kekuatan *impact* pada material yang diberi perlakuan panas pada suhu 700°C, 750°C, 800°C adalah sebesar 100.53 Joule/Cm², 149,27 Joule/Cm² dan 130,84 Joule/Cm².

Dari hasil pengujian ketangguhan *impact* dapat disimpulkan bahwa proses PWHT yang dilaksanakan berpengaruh terhadap ketangguhan *impact* dibandingkan dengan yang hanya dilas saja. Dilihat dari Gambar 4.3 nilai ketangguhan material mengalami peningkatan tetapi pada PWHT 800°C mengalami penurunan dibandingkan dengan PWHT 750°C diakibatkan karena kecilnya energi yang diserap jadi menghasilkan harga *impact* menurun.

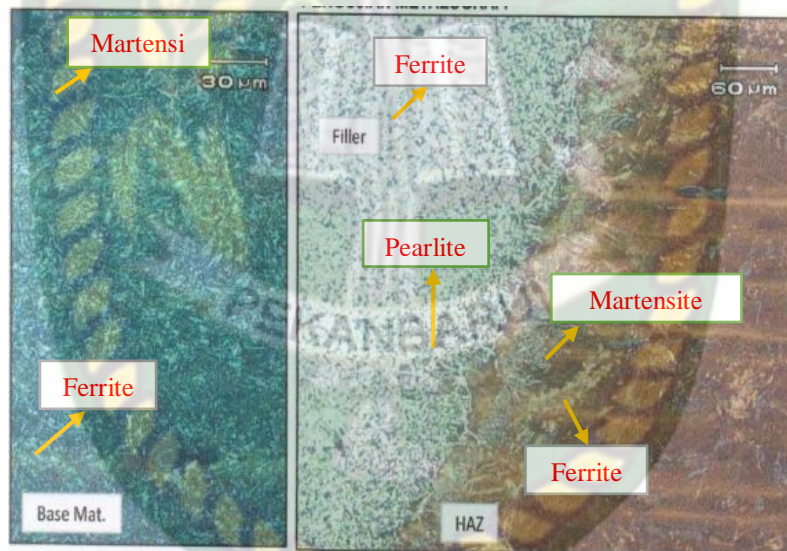
4.4 Pengamatan Metalografi

Pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro dilakukan dengan mengambil foto pada material baja pegas daun awal tanpa pengelasan dan untuk material yang dilas dan material yang dilakukan pemanasan dengan variasi suhu 700°C, 750°C dan 800°C pengamatan dilakukan pada daerah logam las, HAZ dan logam induk. Selanjutnya pada masing-masing foto mikro diamati struktur butir dan batas butir untuk mempengaruhi pengaruh suhu perlakuan panas pada struktur mikro material.

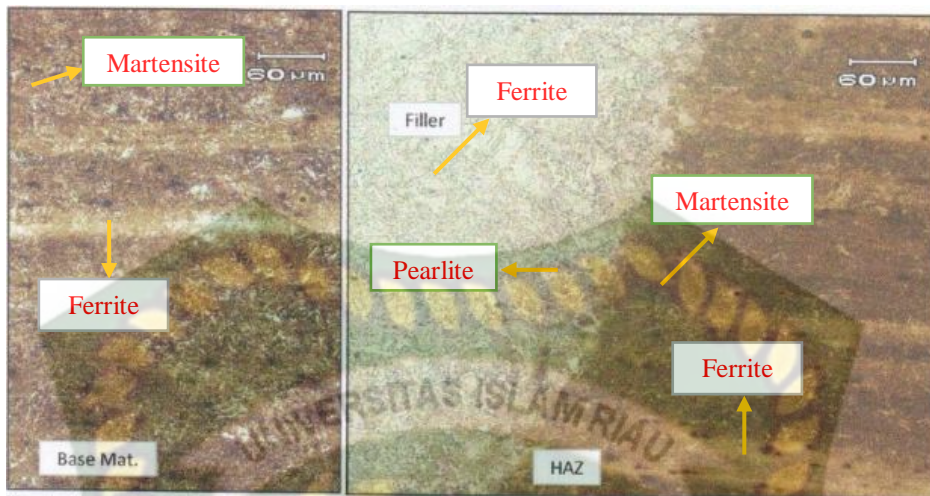
Pengamatan foto mikro didaerah lasan, HAZ, dan logam induk pada material yang hanya dilas dan yang diberi perlakuan PWHT dengan suhu 700°C tidak terjadi perubahan fasa (logam induk : Martensite+Ferrite, HAZ : Martensite+Ferrite, Lasan : Pearlite+Ferrite). Sedangkan pada PWHT suhu 750°C dan 800°C terjadi perubahan fasa dari non PWHT dan PWHT suhu 700°C dengan kandungan fasa pada logam induk : Pearlite, HAZ: Pearlite, lasan : Pearlite+Ferrite. Akan tetapi fasa pada daerah lasan yang non PWHT dan yang diberi perlakuan PWHT tidak terjadi perubahan fasa. Adapun hasil foto mikro dapat dilihat pada Gambar berikut ini :



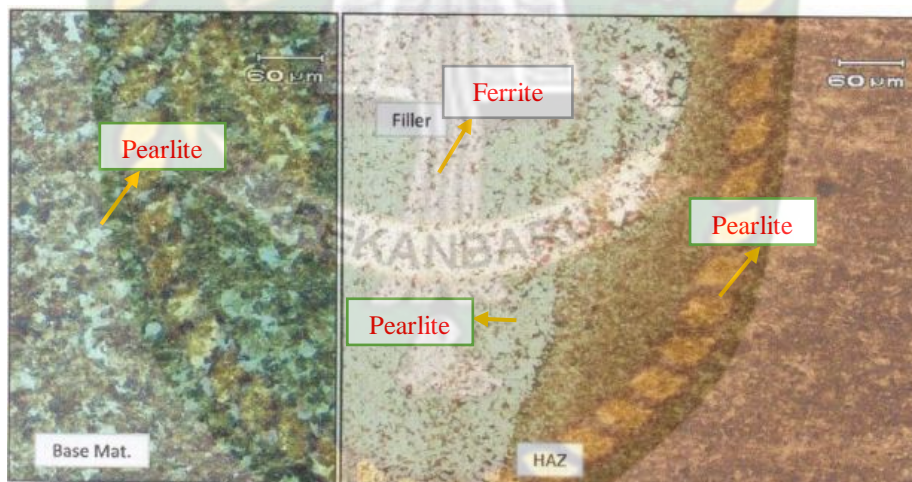
Gambar 4.4 Pengamatan Metalografi Pada Base Metal Dengan Pembesaran 500X



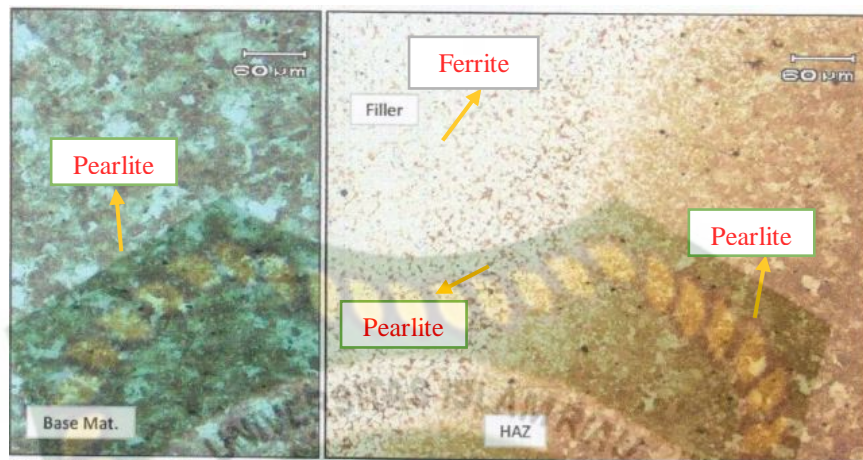
Gambar 4.5 Pengamatan Metalografi Pada Sampel Non PWHT Dengan Pembesaran 200X



Gambar 4.6 Pengamatan Metalografi Pada Sampel Yang Diberi Perlakuan PWHT Dengan Suhu 700°C Dengan Pembesaran 200X



Gambar 4.7 Pengamatan Metalografi Pada Sampel Yang Diberi Perlakuan PWHT Dengan Suhu 750°C Dengan Pembesaran 200X



Gambar 4.8 Pengamatan Metalografi Pada Sampel Yang Diberi Perlakuan PWHT Dengan Suhu 800°C Dengan Pembesaran 200X

Dari Gambar diatas dapat disimpulkan bahwa material pegas daun yang diberi perlakuan PWHT dengan suhu 700°C tidak terjadi perubahan struktur mikro namun sebaliknya pada material pegas daun yang diberi perlakuan PWHT dengan suhu 750°C dan 800°C terjadi perubahan struktur mikro pada daerah logam induk dan HAZ. Hal ini disebabkan karena pada suhu 750°C dan 800°C fasa Martensite hilang karena sudah melewati temperatur kritis (723°C) pada diagram fasa.

Dari analisis data didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada suhu 700°C karena terdapat kandungan fasa Martensite, dimana Martensite ini memiliki sifat yang keras dan getas. Sedangkan nilai kekerasan yang paling rendah ditunjukkan pada suhu 800°C karena hilangnya fasa Martensite.

Secara keseluruhan pengaruh pengelasan pada nilai kekerasan material sangat bervariasi, nilai kekerasan material pada bagian lasan yang mengalami penurunan lebih besar terjadi pada proses PWHT suhu 800°C, sedangkan nilai

kekerasan pada bagian lasan yang paling tinggi ditunjukkan pada proses PWHT suhu 700°C.

Sedangkan untuk ketangguhan material pegas daun dari proses PWHT pada suhu 750°C dan 800°C meningkat dibandingkan dengan material pegas daun yang hanya dilas (non PWHT) dan PWHT pada suhu 700°C. Hal ini diakibatkan karena adanya fasa Martensite+Ferrite pada logam induk material yang hanya dilas (non PWHT) dan PWHT pada suhu 700°C, sedangkan pada logam induk material pegas daun yang di PWHT pada suhu 750°C dan 800°C fasa Martensite hilang sehingga tinggal fasa Ferrite didalamnya. Hal ini sama dengan hasil uji kekerasan dimana material yang memiliki fasa Martensite bersifat keras dan getas sehingga nilai ketangguhannya menurun.

Dari seluruh pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa perlakuan PWHT meningkatkan sifat mekanis pada baja pegas daun. Kembali ke aplikasi karena aplikasi pada penelitian ini adalah pegas daun maka pada pengujian kekerasan tidak mencari nilai kekerasan yang tinggi karna semakin tinggi nilai kekerasan maka akan semakin getas. Disini pegas daun membutuhkan sifat yang ulet untuk menahan beban tiba-tiba atau beban kejut maka nilai kekerasan yg dibutuhkan adalah yang rendah supaya meningkatkan ketangguhan pegas daun. Pada penelitian ini temperatur PWHT yang ideal adalah pada suhu 750°C karena pada suhu ini nilai kekerasan didaerah lasan menurun sehingga pada pengujian ketangguhan *impact* pada suhu PWHT 750°C pun memiliki ketangguhan yg paling tinggi dibandingkan suhu lainnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh PWHT sesudah pengelasan pada baja pegas daun dengan metode pengelasan SMAW, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur mikro material pegas daun setelah dilas adalah pada logam induk : Martensite+Ferrite, HAZ : Martensite+Ferrite, lasan : Pearlite+Ferrite, PWHT pada temperatur bervariasi menghasilkan struktur mikro berbeda baik pada daerah logam induk maupun HAZ. Dimana pada PWHT suhu 700°C fasa pada logam induk dan HAZ terdapat fasa Martensite+Pearlite, sedangkan pada PWHT suhu 750°C dan 800°C terdapat fasa Pearlite pada logam induk dan HAZ nya.
2. Nilai kekerasan yang paling tinggi pada daerah lasan adalah pada temperatur 700°C yaitu sebesar 217 HV, sedangkan kekerasan yang paling rendah dihasilkan pada spesimen dengan PWHT 800°C yaitu sebesar 189.5 HV.
3. PWHT pada temperatur 750°C memberikan hasil ketangguhan tertinggi yaitu sebesar 149,27 Joule/cm² sedangkan ketangguhan terendah pada material yang hanya dilas yaitu sebesar 88,99 Joule/cm².
4. Temperatur PWHT yang terbaik untuk aplikasi sebagai pegas daun adalah pada temperatur 750°C pada temperatur ini memiliki ketangguhan yang

tinggi yaitu sebesar 149,27 Joule/cm² dan kekerasan yang rendah yaitu sebesar 197 HV karena disebabkan fasa yang terbentuk pada daerah lasan adalah Ferrite, karena Ferrite memiliki sifat yang ulet.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sehubungan dengan penelitian tentang pengaruh *post weld heat treatment* (PWHT) sesudah pengelasan, peneliti menyarankan kepada peneliti selanjutnya, yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi suhu dalam proses *post weld heat treatment* sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih optimal untuk meningkatkan sifat mekanis material baja pegas daun setelah dilas.
2. Untuk proses pengelasan harus dilakukan oleh welder.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2013). AISI 01, (13 September 2013). Retrieved from <http://www.efunda.com>.
- Daryanto. (2012). Teknik Las, CV. Alfabes (Bandung).
- Rodriguez, P., (2003). *Optimization of Post-Weld Heat Treatment*, Shadana Journal, Vol 28, 409-430.
- Wiryosumarto, Harsono dan Toshie Okurama. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Pradnya Paramita. Edisi kedelapan. (n.d.).
- Fitri. (2013), Komposisi Kimia, Struktur Mikro, Holding Time dan Sifat Ketangguhan Baja Karbon Medium pada Suhu 780 °C, Bandar Lampung
- Harsono Wiryosumarto, Toshie Okumura, (2000) Teknologi Pengelasan Logam. Pradyna Paramita. Jakarta.
- Callister, William D J. 2004. Materials Science and Engineering an Introduction. Singapore ; John Wiley & Sons
- Metals Handbook, (2001), Vol. 6–Welding, Brazing and Soldering, American Society For Metals International.
- Nurdin, 2009, Jon sheet. *Pengujian impak metode charpy*. Lhokseumawe : politeknik negeri lhokseumawe.

Trio Fazli Ananda.(2018). Pengaruh Proses *Post Weld Heat Treatment* Pada Hasil Pengelasan SMAW Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah. Universitas Indonesia ,Jakarta



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau