

**STUDI PENGARUH *HEAT INPUT* TERHADAP KEKUATAN LENGKUNG
DAN KEKERASAN *VICKERS* SAMBUNGAN LAS SMAW
PADA BAJA KARBON RENDAH**

SKRIPSI

Program Studi Teknik Mesin S1



Oleh :

Mukhlis Adam

210018051

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

2022

HALAMAN JUDUL
STUDI PENGARUH *HEAT INPUT* TERHADAP KEKUATAN LENGKUNG
DAN KEKERASAN *VICKERS* SAMBUNGAN LAS *SMAW*
PADA BAJA KARBON RENDAH

SKRIPSI
Program Studi Teknik Mesin S1



Oleh :
Mukhlis Adam
210018051

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
2022

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

Program Studi Teknik Mesin S1

**STUDI PENGARUH *HEAT INPUT* TERHADAP KEKUATAN LENGKUNG
DAN KEKERASAN *VICKERS* SAMBUNGAN LAS *SMAW*
PADA BAJA KARBON RENDAH**

Oleh :

Mukhlis Adam

210018051

Yogyakarta, 2 Agustus 2022

Disetujui untuk diujikan oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Ir. Wartono, M.Eng.

Ir. Y. Agus Jayatun, MT.

NIP. 196211151994031001

NIK. 19730091

Menyetujui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Ir. Wartono, M. Eng.

NIP. 196211151994031001



HALAMAN SOAL
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1

SOAL TUGAS AKHIR

No : 28/ITNY/Prodi.TM-S1/TGA/X/2021

Nama Mahasiswa : Mukhlis Adam
Nomor Mahasiswa : 210018051
Soal : Studi Pengaruh *Heat Input* Terhadap Kekuatan Lengkung dan Kekerasan *Vickers* Sambungan Las *SMAW* pada Baja Karbon Rendah.



Yogyakarta, 7 Oktober 2021

Dosen Pembimbing I

Ir. Wartono, M. Eng.
NIP. 196211151994031001

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH *HEAT INPUT* TERHADAP KEKUATAN LENGKUNG
DAN KEKERASAN *VICKERS* SAMBUNGAN LAS SMAW
PADA BAJA KARBON RENDAH**

Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi Dan Digunakan
Sebagai Salah Satu Persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Pada : 5 Agustus 2022

Oleh : Mukhlis Adam / 210018051

Disahkan oleh :

Tanda Tangan

1. Ketua penguji

Ir. Wartono, M. Eng.

2. Anggota penguji

Ir. Y. Agus Jayatun, MT.

3. Anggota penguji

Ir. M. Abdulkadir. MT.



Mengetahui,

Dekan

Ketua Program Studi

Fakultas Teknologi Industri,

Teknik Mesin S1,

Dr. Daru Sugati, S.T., M.T.

Ir. Wartono, M. Eng.

NIK. 19730125

NIP. 196211151994031001



HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak pernah terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis bahan acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, 2 Agustus 2022



Mukhlis Adam

MOTTO

“Perbanyak bersyukur, kurangi mengeluh, buka mata, jembarkan telinga, perluas hati. Sadari kamu ada pada sekarang, bukan kemarin atau besok, nikmati setiap momen dalam hidup, berpetualanglah”

(Ayu Estiningtyas)

Kamu tidak bisa kembali dan mengubah masa lalu, maka dari itu tataplah masa depan dan jangan buat kesalahan yang sama dua kali

(Penulis)

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. (QS. Al-Baqarah:286)

PERSEMBAHAN

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-mu telah memberikan kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang engkau berikan akhirnya Skripsi yg sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Keluarga

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada keluarga yang telah memberikan kasih sayang, secara dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan bapak bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk keluarga yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik, Terima kasih.

Teman-Teman

Buat kawan-kawanku yang selalu memberikan motivasi, nasihat, dukungan moral serta material yang selalu membuatku semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir II ini, Rombongan Peyok (Rilo Aji, Fersian Adhi, Farhan, Anggara, Riski Aji), Mayang, Shelby, Meri, Nanda, Tarmuzi, Thalia, Dinda, Umi, Rizka dan kawan-kawan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Bapak Ir. Wartono, M.Eng selaku dosen pembimbing 1 Skripsi, dan Bapak Ir. Y Agus Jayatun. MT., selaku dosen pembimbing 2, saya terima kasih banyak bapak sudah membantu selama ini, sudah dinasehati, sudah diajari, dan mengarahkan saya sampai Skripsi ini selesai.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Studi Pengaruh *Heat Input* Terhadap Kekuatan Lengkung dan Kekerasan *Vickers* Sambungan Las *SMAW* pada Baja Karbon Rendah.”.

Penyusunan Skripsi ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.


Penulisan Skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak, untuk itu, perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi kemudahan dalam setiap langkah hidup serta mengabulkan setiap do'a - do'a.
2. Orang tua yang telah membiayai, memberikan semangat, serta do'a yang tiada henti.
3. Bapak Dr.Ir. H. Ircham, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Bapak Dr. Daru Sugati, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
5. Bapak Ir. Wartono, M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
6. Bapak Ir. Wartono, M.Eng., selaku Dosen pembimbing I.
7. Bapak Ir. Y Agus Jayatun. MT., selaku Dosen pembimbing II.
8. Semua Dosen Prodi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah banyak memberikan ilmunya.
9. Bapak-Ibu Dosen dan Staf Karyawan ITNY.
10. Teman-teman Teknik Mesin ITNY yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
11. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian sripsi ini.

Semoga Skripsi ini dapat dapat dijadikan tambahan referensi bagi rekan-rekan mahasiswa teknik mesin ITNY dan bagi yang memerlukan pada umumnya

Yogyakarta, 2 Agustus 2022

Penulis



Mukhlis Adam

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN SOAL.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Teori Dasar Baja Karbon	7
2.2.1 Klasifikasi Baja Karbon	8
2.2.2 <i>Weldability</i> Baja Karbon Rendah.....	9
2.2.3 Sifat Mampu Las Baja Karbon Rendah	10
2.2.4 Karbon <i>Equivalent</i>	11
2.3 Teori Dasar Pengelasan.....	11
2.3.1 Klasifikasi Pengelasan	12
2.3.2 <i>Shielded Metal Arc Welding (SMAW)</i>	14
2.3.3 Parameter Las <i>SMAW</i>	14

2.3.4 Jenis-Jenis Cacat Las	18
2.3.5 Peralatan Las <i>SMAW</i>	23
2.4 <i>Heat Input</i>	26
2.5 Metalurgi Las	27
2.5.1 Struktur Mikro Las.....	28
2.6 Pengujian Bahan	29
2.6.1 Pengujian Komposisi	29
2.6.2 Pengujian Struktur Mikro.....	30
2.6.3 Pengujian Kekuatan Lengkung	31
2.6.4 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	32
2.7 Hipotesis	34
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Diagram Alir Penelitian	35
3.2 Metode Pengelasan Spesimen.....	36
3.2.1 Bahan Pengelasan dan Pengujian.....	36
3.2.2 Alat Pengelasan dan Pengujian	36
3.3 Proses Pengelasan Spesimen.....	36
3.4 Proses Pengujian	39
3.4.1 Pengujian Komposisi	40
3.4.2 Pengujian Struktur Mikro.....	42
3.4.3 Pengujian Kekuatan Lengkung (<i>bending</i>).....	46
3.4.4 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	47
BAB IV PEMBAHASAN.....	50
4.1 <i>Heat input</i>	50
4.2. Uji komposisi kimia.....	51
4.2.1. pembahasan <i>raw material</i> uji komposisi	51
4.2.2. Pembahasan <i>weld metal</i> uji komposisi.....	52
4.2.3. Analisa Kandungan Elektroda	52
4.3. Pengujian struktur mikro	52
4.3.1. Pembahasan.....	53
4.4. Pengujian kekerasan <i>vickers</i>	55
4.4.1. Hasil Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	56

4.4.2. Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	58
4.5. Pengujian lengkung.....	60
4.5.1. foto makro pengujian <i>Bending</i>	60
4.5.2. Hasil Foto Makro dan pembahasan Pengujian Lengkung	61
4.5.3. Hasil Uji Kekuatan Lengkung.....	62
4.5.4. Pembahasan Hasil Pengujian Lengkung	63
BAB V KESIMPULAN	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur mikro baja karbon.....	7
Gambar 2. 2 Pengaruh perbandingan Mn/C terhadap kurva transisi.....	11
Gambar 2. 3 Las busur dengan elektroda terbungkus.	14
Gambar 2. 4 Kurva karakteristik mesin las dan busur listrik.	15
Gambar 2. 5 Pengaruh arus pengelasan terhadap penetrasi dan lebar <i>HAZ</i>	16
Gambar 2. 6 Pengaruh arus pengelasan terhadap pemindahan logam cair.....	16
Gambar 2. 7 Pengaruh ukuran elektroda terhadap pengaturan arus las.....	17
Gambar 2. 8 Cacat las tarik / <i>undercut</i>	18
Gambar 2. 9 Penetrasi yang kurang baik.....	19
Gambar 2. 10 Porositas	20
Gambar 2. 11 <i>Incomplete Fusion</i>	20
Gambar 2. 12 <i>Slag Inclusion</i>	21
Gambar 2. 13 <i>Over Spatter</i>	22
Gambar 2. 14 <i>Hot Crack</i> / Retak Panas.....	22
Gambar 2. 15 <i>Distorsi</i>	23
Gambar 2. 16 Skema Mesin Las <i>SMAW</i>	24
Gambar 2. 17 Massa.....	25
Gambar 2. 18 Palu las.....	25
Gambar 2. 19 Sikat kawat	26
Gambar 2. 20 Tang.....	26
Gambar 2. 27 Daerah <i>HAZ</i>	28
Gambar 2. 30 Skema mikroskop optik	30
Gambar 2. 31 Skema pengujian <i>3 point bending</i> dan <i>4 point bending</i>	32
Gambar 2. 32 Skema pengujian kekerasan <i>vickers</i>	33

Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	35
Gambar 3. 2 Proses pemotongan bahan	37
Gambar 3. 3 Desain kampuh	38
Gambar 3. 4 Hasil pembuatan kampuh.	38
Gambar 3. 5 Proses pengelasan pada spesimen.....	39
Gambar 3. 6 Spesimen <i>Raw Material</i>	41
Gambar 3. 7 Spesimen <i>Weld Material</i>	41
Gambar 3. 8 Spectrometer.....	41
Gambar 3. 9 Mesin amplas milik Lab. Material ITNY	43
Gambar 3. 10 Spesimen uji struktur mikro	43
Gambar 3. 11 Inverted metallurgical microscope	45
Gambar 3. 12 Spesimen <i>face transversal bend</i>	46
Gambar 3. 13 Alat uji <i>bending</i>	46
Gambar 3. 14 Spesimen uji kekerasan <i>Vickers</i>	48
Gambar 3. 15 Alat uji <i>vickers</i>	48
Gambar 4 1.Grafik komposisi kimia.....	52
gambar 4 2 Grafik <i>raw material</i> dan variasi <i>Heat Input</i>	58
Gambar 4 3 Grafik variasi <i>Heat input</i>	59
Gambar 4 4 Foto makro spesiman <i>raw material</i>	61
Gambar 4 5 Foto makro spesimen uji 783 j/mm.....	61
Gambar 4 6 Foto makro spesiman uji 820 j/mm.....	61
Gambar 4 7 Foto makro spesiman uji 858 j/mm.....	62
Gambar 4 8 Grafik <i>raw material</i> dan <i>Heat Input</i>	64
Gambar 4 9.Perbandingan 783 J/mm, 820 J/mm dan 858 J/mm	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Klasifikasi baja karbon.....	8
Tabel 2 2 Klasifikasi Baja Menurut Tingkat Deoksidasi	10
Tabel 2 3 Klasifikasi cara pengelasan	13
Tabel 2 4 Effisiensi beberapa mesin las	27
Tabel 3 1Jenis pengujian dan jumlah spesimen.....	39
Tabel 4 1.Data proses pengelasan	50
Tabel 4 2. Hasil pengujian komposisi kimia	51
Tabel 4 3.foto struktur mikro pada spesimen <i>raw material</i> dan <i>weld metal</i>	53
Tabel 4 4.hasil pengujian kekerasan <i>Vickers</i>	57
Tabel 4 5.Hasil pengujian lengkung	63

DAFTAR SINGKATAN

σ	: Tegangan Tarik
\emptyset	: Diameter
ΔI	: Beda Arus Las
ΔV	: Beda Tegangan Las
A	: <i>Ampere</i>
AC	: <i>Alternating Curent</i>
AISI	: <i>American Iron and Steel Institute</i>
ASM	: <i>American Society for Metals</i>
ASTM	: <i>American Society for Testing Material</i>
AWS	: <i>American Welding Society</i>
C	: <i>Carbon</i>
Co	: <i>Cobalt</i>
CPU	: <i>Central Processing Unit</i>
Cr	: <i>Chromium</i>
Cu	: <i>Copper</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
DIN	: <i>Deutsche Industrie Normen</i>
ETS	: <i>Electricity Treatment System</i>
Fe	: <i>Ferro</i>
GMAW	: <i>Gas Metal Arc Welding</i>
GTAW	: <i>Gas Tungsten Arc Welding</i>
HAZ	: <i>Heat Affected Zone</i>
HNO ₃	: <i>Asam Nitrat</i>
HRB	: <i>Hardness Rockwell Ball</i>
HRC	: <i>Hardness Rockwell Cone</i>
I	: <i>Arus Las</i>
Ksi	: <i>Kilopound Per Square Inch</i>
MMAW	: <i>Manual Metal Arc Welding</i>

Mn	: <i>Mangan</i>
MnS	: <i>Mangan Sulfida</i>
Mo	: <i>Molybdenum</i>
N/m	: <i>Newton per Meter</i>
Nb	: <i>Niobium</i>
Ni	: <i>Nickel</i>
P	: <i>Phosporus</i>
Psi	: <i>Pound Per Square Inch</i>
PWHT	: <i>Post Weld Heat Treatment</i>
S	: <i>Sulfur</i>
S.M	: <i>Sebelum Masehi</i>
Si	: <i>Silicon</i>
SMAW	: <i>Shielded Metal Arc Welding</i>
ST 37	: <i>Stahl dengan kekuatan tarik 37 kg/mm²</i>
ST 42	: <i>Stahl dengan kekuatan tarik 42 kg/mm²</i>
Ta	: <i>Tantalum</i>
Ti	: <i>Titanium</i>
UTM	: <i>Universal Tensile Machine</i>
V	: <i>Voltage</i>
V	: <i>Vanadium</i>
VHN	: <i>Vickers Hardness Number</i>
W	: <i>Wolfram/Tungsten</i>
WZ	: <i>Weld Zone</i>
Zr	: <i>Zirconium</i>
α	: <i>Ferit</i>
γ	: <i>Austenit</i>

ABSTRAK

Baja karbon rendah dapat di sambung dengan semua cara pengelasan yang ada didalam praktek dan hasilnya akan baik bilamana persiapannya sempurna dan persyaratannya dipenuhi. Pada dasarnya baja dengan karbon rendah adalah baja yang dapat dengan mudah dilas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi *heat input* terhadap sambungan las *SMAW* terhadap struktur mikro, kekuatan lengkung dan kekerasan *vickers* pada baja karbon rendah.

Penelitian ini menggunakan *strip plat* baja karbon sedang berukuran 300 mm × 100 mm × 6 mm yang diberi kampuh “V” dengan sudut 45° dan dilas menggunakan pengelasan *SMAW*, material logam yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,127% dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 6 mm. Bahan yang digunakan untuk pengelasan dan pengujian adalah plat baja (*strip plat*), elektroda E 7016 berdiameter 3,2 mm.

hasil uji komposisi kimia, *strip plate* baja karbon pada *raw material* mengandung kadar karbon (C) 0,127%, *ferro* (Fe) 98,67%, *silicon* (Si) 0,140%, *mangan* (Mn) 0,542%. Hal ini menunjukkan bahwa *raw material* termasuk klasifikasi baja karbon rendah. Struktur mikro yang terbantu adalah *acicular ferrite*, *grain boundary ferrite*, *ferrite* dan *pearlite*. Hasil pengujian kekerasan *Vickers* menunjukkan kekerasan *Vickers* tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi *HI* 858 J/mm yaitu sebesar 224,30 kgf/mm² di karenakan pada *HI* 858 J/mm dan nilai kekerasan terendah pada *HI* 783 J/mm dan 820 J/mm yaitu memiliki nilai yang sama sebesar 220,45 kgf/mm². Hasil pengujian *bending* menunjukkan bahwa *HI* 783 J/mm memiliki kekuatan lengkung tertinggi dengan nilai uji *bending* sebesar 560 MPa dan untuk kekuatan lengkung terendah dengan *HI* 858 J/mm dengan nilai sebesar 508 MPa.

Kata Kunci: *Heat input*, *SMAW*, Baja karbon rendah, Uji kekuatan lengkung, Uji kekerasan *vickers*.