

**SKRIPSI**  
**PENGARUH PENAMBAHAN TITANIUM TERHADAP SIFAT  
MEKANIK, STRUKTUR MIKRO, DAN STRUKTUR MAKRO  
HASIL *HARDFACING* MENGGUNAKAN PROSES SMAW PADA  
BAJA**



**DISUSUN OLEH:**  
**SABILLA ADITYA MULYA SARI**  
**1502618029**

**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Dalam Mendapatkan  
Gelar Sarjana**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN I

Judul : PENGARUH PENAMBAHAN TITANIUM TERHADAP SIFAT MEKANIK, STRUKTUR MIKRO, DAN STRUKTUR MAKRO HASIL *HARDFACING* MENGGUNAKAN PROSES SMAW PADA BAJA

Penyusun : Sabilla Aditya Mulya Sari

NIM : 1502618029

Pembimbing I : Drs. Syaripuddin, M. Pd.

Pembimbing II : Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.

Tanggal Ujian : 11 Agustus 2022

Disetujui oleh :


Pembimbing I,



**Drs. Syaripuddin, M. Pd.**

NIP. 196703122999031001

Pembimbing II,



**Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.**

NIP. 198202022010121002

Mengetahui,

Koorprodi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Universitas Negeri Jakarta,



**Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T**

NIP. 198310182008121002

## LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : PENGARUH PENAMBAHAN TITANIUM TERHADAP SIFAT MEKANIK, STRUKTUR MIKRO, DAN STRUKTUR MAKRO HASIL *HARDFACING* MENGGUNAKAN PROSES SMAW PADA BAJA

Penyusun : Sabilla Aditya Mulya Sari

NIM : 1502618029

Pembimbing I : Drs. Syaripuddin, M. Pd.

Pembimbing II : Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.

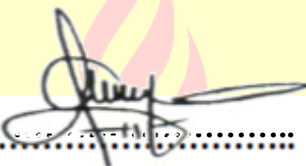
Tanggal Ujian : 11 Agustus 2022

Nama Dosen Tanda Tangan Tanggal

**Drs. Syaripuddin, M. Pd.**

NIP. 196703122999031001

(Dosen Pembimbing I)



18/08/2022

**Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.**

NIP. 198202022010121002

(Dosen Pembimbing II)



16/08/2022

### PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

**Dr. Dyah Arum Wulandari, M.T.**

NIP. 197708012008012006

(Ketua Sidang)

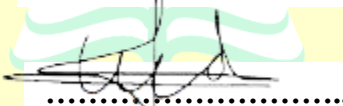


2022/08/19

**Wardoyo, M.T.**

NIP. 197908182008011008

(Sekretaris Sidang)

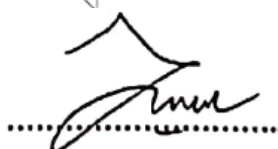


18-08-2022

**Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.**

NIP. 196806062005012001

(Dosen Ahli)

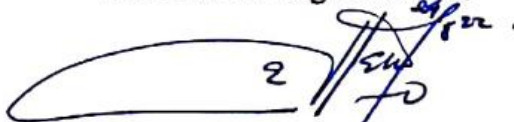


23/8/2022

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Universitas Negeri Jakarta



**Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.**

NIP. 198310132008121002

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sabilla Aditya Mulya Sari

No. Registrasi : 1502618029

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 15 Februari 2000

Alamat : Jalan Swadaya 1 RT 006/010 No. 21C, Kel. Pejaten Timur,  
Kec. Pasar Minggu, Jakarta Selatan, DKI Jakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi Lain.
2. Skripsi ini belum diterbitkan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan di sebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam skripsi ini, maka saya bersedia sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



**Sabilla Aditya Mulya Sari**

NIM. 1502618029



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

Gedung B Kampus Rawamangun Jl. Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telp./Fax.: 021-4700918 Website: [www.ft.unj.ac.id/teknik-mesin](http://www.ft.unj.ac.id/teknik-mesin)

**SURAT PERNYATAAN**  
**MEMPUBLIKASIKAN ARTIKEL ILMIAH HASIL PENELITIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sabilla Aditya Mulya Sari  
NIM : 1502618029  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Titanium Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro, Dan Struktur Makro Hasil Hardfacing Menggunakan Las SMAW Pada Baja  
Jurnal atau prosiding : JKEM (Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur)  
Target : Setelah selesai sidang dan revisi selesai

Dengan ini menyatakan bahwa saya mempunyai kewajiban mempublikasikan hasil penelitian pada skripsi pada jurnal ilmiah atau prosiding

Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditentukan pihak Prodi Pendidikan Teknik Mesin.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Mengetahui,  
Pembimbing 1,

Pembimbing 2,

Jakarta, 15 Juli 2022  
Yang membuat pernyataan

Drs. Syaripuddin, M. Pd.  
NIP. 196703122999031001

Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.  
NIP. 198202022010121002



Sabilla Aditya Mulya Sari  
1502618029



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://lib.unj.ac.id)

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Sabilla Aditya Mulya Sari  
NIM : 1502618029  
Fakultas/Prodi : Teknik/ Pendidikan Teknik Mesin  
Alamat email : sabillaaditya15@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi     Tesis     Disertasi     Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PENGARUH PENAMBAHAN TITANIUM TERHADAP SIFAT MEKANIK, STRUKTUR MIKRO,  
DAN STRUKTUR MAKRO HASIL HARDFACING MENGGUNAKAN PROSES SMAW PADA  
BAJA

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 30 Agustus 2022

Penulis

( Sabilla Aditya Mulya Sari )  
nama dan tanda tangan

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“PENGARUH PENAMBAHAN TITANIUM TERHADAP SIFAT MEKANIK, STRUKTUR MIKRO, DAN STRUKTUR MAKRO HASIL HARDFACING MENGGUNAKAN PROSES SMAW PADA BAJA”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Drs. Syaripuddin, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan, bimbingan yang sangat baik, dan semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan yang baik, dan semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd. selaku Pembimbing Akademik Kelas S1 B 2018 Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
5. Seluruh Dosen, *Staff* Tata Usaha, *Staff* Laboratorium, serta Karyawan Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan perkuliahan, dan bimbingan serta bantuan secara langsung maupun tidak langsung.
6. Kedua Orang Tua serta Adik – Adik saya yang telah memberikan dukungan moril maupun materil dan doa yang terbaik.

7. Seluruh keluarga Teknik Mesin UNJ terutama angkatan 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, dan 2021 dan seluruh teman – teman Fakultas Teknik yang telah memberikan semangat dan dukungan.
8. Seluruh pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu – persatu yang turut serta membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Untuk itu saya mohon maaf apabila terdapat kesalahan baik dari segi isi ataupun tulisan, baik disengaja ataupun tidak disengaja. Akhir kata saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi diri saya sendiri dan umumnya bagi para pembaca.

Jakarta, Agustus 2022

Penyusun



**Sabilla Aditya Mulya Sari**



## ABSTRAK

Pengelasan adalah salah satu cara penyambungan benda padat dengan cara mencairkannya melalui proses pemanasan. Salah satu jenis pengelasan adalah las busur listrik. Las busur listrik adalah salah satu cara pengelasan dengan menggunakan percikan bunga api listrik akibat hubungan singkat antara dua kutub listrik. Contoh dari las busur listrik sendiri adalah las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Teknik *hardfacing* dengan menggunakan proses SMAW digunakan guna untuk meningkatkan masa pemakaian dari komponen mesin dengan membuat permukaan logam dapat menahan korosi, abrasi, erosi, ataupun lain halnya.

Teknik *hardfacing* pada penelitian ini menggunakan metode SMAW dengan penambahan titanium dan tanpa penambahan titanium serta dengan 3 media *quenching* yang berbeda yaitu dengan udara, oli mesran super 20W-50, dan minyak goreng kelapa sawit. Pada hasil *hardfacing* ini akan dilakukan pengujian yaitu uji OES dengan menggunakan alat uji *WAS Foundry Mater*, uji struktur mikro dengan menggunakan alat uji *Inverted Metallurgical Microscope Olympus BX41M-LED*, uji struktur makro dengan melakukan pengamatan secara visual, dan uji kekerasan dengan menggunakan alat uji *Vickers Macrohardness Tester*.

Pada hasil uji OES dilakukan pada 3 spesimen yaitu BN, BNU, dan BNTiU. Pada hasil struktur mikro dilakukan pada 6 spesimen yaitu BNU, BNO, BNM, BNTiU, BNTiO, dan BNTiM yang dimana hasil dari struktur mikro ini membentuk fasa ferit dan perlit. Pada hasil struktur makro dilakukan berguna untuk melihat batasan hasil *hardfacing* antara baja karbon dan hasil *hardfacing*. Sedangkan hasil uji kekerasan pada hasil *hardfacing* pada baja karbon tanpa penambahan titanium nilai rata – rata kekerasan lebih besar terjadi pada spesimen BNM sebesar 754,68 VHN, dan pada hasil *hardfacing* pada baja karbon dengan penambahan titanium nilai rata – rata kekerasan lebih besar terjadi pada spesimen BNTiM sebesar 896,20 VHN.

Kata Kunci : *Hardfacing, Kekerasan Vickers, Struktur Mikro, Quenching, Titanium.*

## ABSTRACT

*Welding is one of the ways of connecting solid objects by melting them through the heating process. One of the types of welding is electric arc welding. Electric arc welding is one way of welding using electric sparks due to the short connection between two electric poles. An example of an electric arc welding itself is Shielded Metal Arc Welding (SMAW) welding. Hardfacing techniques using the SMAW process are used to increase the service life of machine components by making metal surfaces able to resist corrosion, abrasion, erosion, or other things.*

*The hardfacing technique in this study used the SMAW method with the addition of titanium and without the addition of titanium and with 3 different quenching media, namely with air, 20W-50 super mesran oil, and palm cooking oil. In the results of this hardfacing, tests will be carried out, namely the OES test using the WAS Foundry Mater test tool, microstructure test using the Olympus BX41M-LED Inverted Metallurgical Microscope test tool, macro structure test by making visual observations, and hardness test using the Vickers Macrohardness Tester test tool.*

*The results of the OES test were carried out on 3 specimens, namely BN, BNU, and BNTiU. The results of the microstructure were carried out on 6 specimens, namely BNU, BNO, BNM, BNTiU, BNTiO, and BNTiM, where the results of this microstructure formed a ferrite and perlite phase. In the macrostructure results, it is carried out in order to see the boundary of hardfacing results between carbon steel and hardfacing results. Meanwhile, the hardness test results on hardfacing results on carbon steel without the addition of titanium, the average value of greater hardness occurred in BNM specimens of 754.68 VHN, and in the results of hardfacing on carbon steel with the addition of titanium, the average value of greater hardness occurred in BNTiM specimens of 896.20 VHN.*

*Keywords: Hardfacing, Vickers Hardness, Microstructure, Quenching, Titanium.*

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
LEMBAR PENGESAHAN I .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN II.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Perumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	5
1.6 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengelasan Las Busur Listrik.....	6
2.1.1 <i>Shielded Metal Arc Welding (SMAW)</i> .....	7
2.2 Elektroda .....	8

2.3	Baja Karbon .....	8
2.4	Baja Perkakas ( <i>Tool Steel</i> ) .....	9
2.5	Titanium (Ti).....	10
2.6	<i>Hardfacing</i> .....	11
2.7	<i>Quenching</i> .....	12
2.8	Uji <i>Optical Emission Spectroscopy</i> (OES) .....	13
2.9	Uji Kekerasan <i>Vickers</i> .....	14
2.10	Struktur Mikro .....	15
2.11	Struktur Makro.....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>17</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.2.1	Alat Penelitian.....	17
3.2.2	Bahan Penelitian.....	18
3.3	Diagram Alir Penelitian .....	19
3.4	Teknik dan Prosedur Pengambilan Data.....	20
3.4.1.	Studi Literatur .....	20
3.4.2.	Persiapan Alat dan Bahan .....	20
3.4.3.	Proses <i>Hardfacing</i> .....	21
3.4.4.	Proses pengujian .....	24
3.5	Teknik Analisa Data .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>28</b>
4.1.	Analisa Hasil Uji OES .....	28
4.1.1.	Hasil Persentase Unsur Pada Baja Karbon.....	28

4.1.2. Hasil Persentase <i>Hardfacing</i> Pada Baja Karbon Tanpa Penambahan Titanium Dengan Pendinginan Udara.....	29
4.1.3. Hasil Persentase <i>Hardfacing</i> Pada Baja Karbon Dengan Penambahan Titanium Dengan Pendinginan Udara.....	30
4.2. Analisa Hasil Struktur Mikro.....	31
4.3. Analisa Hasil Struktur Makro.....	32
4.4. Analisa Hasil Uji Kekerasan <i>Vickers</i> .....	34
BAB V KESIMPULAN.....	36
5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	42



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Kandungan Elektroda HV 600	8
<b>Tabel 2.2</b> Sifat – Sifat Titanium	11
<b>Tabel 2.3</b> Viskositas Air	12
<b>Tabel 3.1</b> Waktu dan Kecepatan Proses <i>Hardfacing</i>	23
<b>Tabel 4.1</b> Data Uji Komposisi Unsur Baja Karbon Menggunakan OES	28
<b>Tabel 4.2</b> Data Uji Komposisi Pada Hasil <i>Hardfacing</i> Baja Karbon Dengan Pendinginan Udara	29
<b>Tabel 4.3</b> Data Uji Komposisi Pada Hasil <i>Hardfacing</i> Baja Karbon Dengan Penambahan Titanium Dengan Pendinginan Udara	30
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	34



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Las Busur Listrik	6
<b>Gambar 2.2</b> Proses SMAW	7
<b>Gambar 2.3</b> Identor <i>Pyramid</i> Intan Pada Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	15
<b>Gambar 2.4</b> Pembagian Daerah Las	16
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian	19
<b>Gambar 3.2</b> Kawat Titanium (A), Elektroda HV 600 (B), dan Baja Karbon (C)	21
<b>Gambar 3.3</b> Proses Pengovenan Elektroda (A) Dan Perbedaan Elektroda Yang Sudah Dioven Dan Yang Belum Dioven (B)	22
<b>Gambar 3.4</b> Hasil <i>Hardfacing</i> BNU(A), BNO (B), BNM (C), BNTiU (D), BNTiO (E), BNTiM (F)	23
<b>Gambar 3.5</b> Proses Pemotongan Spesimen Untuk Proses Pengujian	24
<b>Gambar 3.6</b> Alat Uji Kekerasan <i>Vickers</i> dan Hasil Dari Tekan Indentor Ke Spesimen	25
<b>Gambar 4.1</b> Struktur Mikro Hasil <i>Hardfacing</i> Pada Spesimen BNU (A), BNO (B), BNM (C), BNTiU (D), BNTiO (E), dan BNTiM (F)	32
<b>Gambar 4.2</b> Struktur Makro Hasil <i>Hardfacing</i> Pada Spesimen BNU (A), BNO (B), BNM (C), BNTiU (D), BNTiO (E), dan BNTiM (F)	33
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Hasil Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	35

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Hasil Pengujian OES Pada Baja Karbon	42
<b>Lampiran 2</b> Hasil Pengujian OES Pada Spesimen BNU	43
<b>Lampiran 3</b> Hasil Pengujian OES Pada Spesimen BNTiU	44
<b>Lampiran 4</b> Hasil Pengujian Struktur Mikro Pada Spesimen BNU	45
<b>Lampiran 5</b> Hasil Pengujian Struktur Mikro Pada Spesimen BNO	46
<b>Lampiran 6</b> Hasil Pengujian Struktur Mikro Pada Spesimen BNM	47
<b>Lampiran 7</b> Hasil Pengujian Struktur Mikro Pada Spesimen BNTiU	48
<b>Lampiran 8</b> Hasil Pengujian Struktur Mikro Pada Spesimen BNTiO	49
<b>Lampiran 9</b> Hasil Pengujian Struktur Mikro Pada Spesimen BNTiM	50
<b>Lampiran 10</b> Dokumentasi Penelitian	51

