



**ANALISIS MIKROSTRUKTUR HASIL PENGELASAN SMAW
PADA PIPA BAJA BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN
PENGELASAN UNTUK INDUSTRI MIGAS**

SKRIPSI

NAUFAL DARY DEWANTO

2110311079

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025



**ANALISIS MIKROSTRUKTUR HASIL PENGELASAN SMAW
PADA PIPA BAJA BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN
PENGELASAN UNTUK INDUSTRI MIGAS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

NAUFAL DARY DEWANTO

2110311079

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama	Naufal Dary Dewanto
NIM	2110311079
Program Studi	Teknik Mesin
Judul Skripsi	ANALISIS MIKROTRUKTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN PENGELASAN UNTUK INDUSTRI MIGAS

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Ir. Fahrudin, S.T., M.T

Penguji Utama

Nicky Yongkimandalan S.T., M.M., M.T. Armansvah, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D.

Penguji Lembaga

Penguji III (Pembimbing)



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,

M.T., IPM., ASEAN. Eng

Plt. Dekan Fakultas Teknik

Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

**Kepala Program Studi Teknik
Mesin**

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 17 Juli 2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama	Naufal Dary Dewanto
NIM	2110311079
Program Studi	S1 Teknik Mesin
Judul Skripsi	ANALISIS MIKROSTRUKTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN PENGELASAN UNTUK INDUSTRI MIGAS

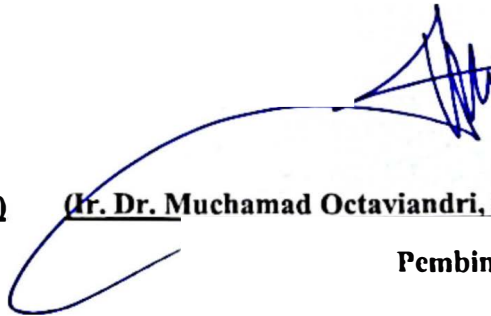
Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



(Armansyah, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D.)

Pembimbing I



(Ir. Dr. Muchamad Octaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN.En

Pembimbing II

Mengetahui,



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama Naufal Dary Dewanto

NIM 2110311079

Program Studi S1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan berlaku.

Jakarta, 24 Juli 2025

Yang menyatakan



Naufal Dary Dewanto

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPETINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademis Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,
saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama	Naufal Dary Dewanto
NIM	2110311079
Fakultas	Teknik
Program Studi	Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non
Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas skripsi saya yang berjudul

“ANALISIS MIKROTRUKTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN PENGELASAN UNTUK INDUSTRI MIGAS”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan,
mengalih/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat
dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai
penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 24 Juli 2025

Yang menyatakan



Naufal Dary Dewanto

ANALISIS MIKROSTRUKTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN PENGELASAN UNTUK INDUSTRI MIGAS

NAUFAL DARY DEWANTO

Abstrak

Industri fabrikasi pipa baja untuk industri migas sering kali mendapati kecacatan pengelasan pada hasil dari proses produksi, Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kecepatan pengelasan SMAW terhadap hasil pengelasan pipa baja dengan geometri ketebalan 4 mm dan 5 mm melalui mikrostruktur dan kekuatan mekanis. Penelitian ini mengevaluasi dampak variasi kecepatan (6 mm/m, 12 mm/m, 18 mm/m) terhadap area las yang dihasilkan, dengan fokus pada integrasi zona pengelasan, kekerasan, kecacatan pengelasan dan keberadaan fase *brittle* seperti *martensite*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter pengelasan yang optimal pada pipa ketebalan 4 mm terjadi pada kecepatan 18 mm/m dan pada pipa ketebalan 5 mm terjadi pada parameter kecepatan 12 mm/m karena menghasilkan sambungan las tanpa cacat dan integrasi zona pengelasan yang sempurna, terdapatnya zona – zona pengelasan yaitu *Weld Zone*, *Heat-Affected Zone*, *Base Metal*, serta tidak terdapatnya struktur martensite yang menyebabkan material bersifat *brittle* pada variasi parameter tersebut sehingga dapat mencegah kerapuhan. Penelitian ini juga menekankan pentingnya kontrol otomatis dan konstan dalam proses pengelasan SMAW untuk meminimalisir kecacatan hasil pengelasan.

Kata Kunci : Kecepatan Pengelasan, SMAW, *Weld Zone*, *Heat-Affected Zone*, *Base Metal*, *SMAW*, *Brittle*, ASTM A-105 *Seamless Pipe*, Cacat Pengelasan, Kualitas Pengelasan.

MICROSTRUCTURE ANALYSIS OF SMAW WELDS ON STEEL PIPES BASED ON VARIATIONS IN WELDING SPEED FOR THE OIL AND GAS INDUSTRY

NAUFAL DARY DEWANTO

Abstract

The steel pipe fabrication industry for the oil and gas industry often finds welding defects in the results of the production process, therefore, this study aims to analyze the effect of SMAW welding speed variations on welding results through microstructure and mechanical strength. This study evaluates the impact of speed variations (6 mm/m, 12 mm/m, 18 mm/m) on the resulting weld area, focusing on the integration of the welding zone, hardness, welding defects and the presence of brittle phases such as martensite. The results show that the optimal welding speed occurs at 18 mm/m for pipe thickness of 4 mm and 12 mm/m for pipe thickness of 5 mm because it produces welding joints without defects and perfect welding zone integration, the presence of welding zones namely Weld Zone, Heat-Affected Zone, Base Metal, and the absence of martensite structures in these variations so as to prevent brittleness. This research also emphasizes the importance of automatic and constant control in the SMAW welding process to minimize poor results, especially in regulating electric current and constant welding speed. This study suggests further research on mechanical properties, including tensile tests, impact tests, and non-destructive tests to refine the findings. The results of this study are very important for the steel pipe fabrication industry for the oil and gas industry in order to improve the welding quality of the steel pipe.

Keywords : *Welding Speed, SMAW, Weld Zone, Heat-Affected Zone, Base Metal, SMAW, Brittle, ASTM A-105 Seamless Pipe, Welding Defect, Welding Quality.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi berjudul “ANALISIS MIKROSTRUKTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN PENGELASAN UNTUK INDUSTRI MIGAS”.

Berbagai pihak turut andil dalam penulisan laporan skripsi ini. Penulis berharap dengan tersusunnya skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kebaikan baik bagi penulis, pembaca dan pihak yang bersangkutan lainnya di kemudian hari. Adapun tujuan penulis menyusun skripsi ini sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T), pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. Pada kesempatan ini, tak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua beserta keluarga penulis yang telah memberikan semangat dan dukungan moral serta dukungan material kepada penulis untuk terus konsisten dan optimis pada diri penulis selama menjalankan kegiatan perkuliahan dan rangkaiannya agar tetap berjalan lancar hingga selesai.
2. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T., selaku kepala program studi S1-Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.
3. Bapak Armansyah, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik selama perkuliahan berlangsung, serta dosen pembimbing 1 dalam penulisan tugas akhir.
4. Bapak Ir. Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng. selaku dosen pembimbing 2 dalam penulisan tugas akhir.
5. Seluruh dosen program studi S1-Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta yang telah memberikan ilmu – ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
6. Perkumpulan pemuda pejuang masa depan cemerlang, Ridwan Bambang Rianto, Raden Pranaya Didva Ramadhan, Fajar Nurdianzah,

Abi Fatoni, Ahzar Rizki Fadillah, Naufal Arhah Aditya, Winfried Samosir dan Mochammad Khafidz.

7. Teman seperjuangan OPTIMIS 2021 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta angkatan 2021, yang selalu bersama – sama memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama melaksanakan kegiatan baik akademik ataupun non-akademik.
8. Seluruh civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran bersifat membangun agar menjadi bahan evaluasi untuk penyusunan artikel ilmiah berikutnya. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memenuhi tanggung jawab salah satu mahasiswa Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta dan bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
Abstrak.....	vi
<i>Abstract</i>	<i>vii</i>
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengelasan Pipa Secara Umum untuk Industri Minyak dan Gas	4
2.2 Metode Pengelasan.....	17
2.2.1 Las Busur Shielded Metal Arc Welding (SMAW).....	18
2.2.2 Pengelasan Gas (<i>Metal Inert Gas</i>)/GMAW	19
2.3 Baja Karbon 105 (A105)	21
2.4 Pengelasan Pipa Baja Secara Manual dan Device.....	23
2.5 Mikrostruktur Pengelasan Pada Pipa Baja	24
2.5.1 <i>Fusion Zone</i>	25
2.5.2 <i>Heat-Affected Zone</i>	26
BAB 3 METODOLOGI.....	27
3.1 Diagram Alir.....	27

3.2 Identifikasi Masalah	28
3.3 Studi Literatur.....	28
3.4 Preparasi Parameter Proses.....	28
3.5 Proses pengelasan.....	29
3.6 Persiapan sampel uji	29
3.7 Pengujian	29
3.8 Evaluasi hasil pengelasan.....	30
3.9 Analisis hasil dan pembahasan	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Persiapan Laboratori.....	31
4.2 Proses Pengelasan.....	32
4.3 Sampel pengujian	33
4.4.1 hasil pengujian metalografi dan <i>hardness vickers</i> pada pipa ketebalan 4 mm	36
4.4.2 hasil pengujian metalografi dan <i>hardness vickers</i> pada pipa ketebalan 5 mm.....	44
4.4.3 Kecacatan hasil pengelasan	52
4.5 Verifikasi dan validasi hasil pengambilan data uji metalografi.....	53
4.5.1 Verifikasi hasil pengambilan data pengujian	54
4.5.2 Validasi hasil pengamatan data pengujian	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 standar dimensi pengelasan pipa baja menurut ASME B31.3(<i>Process Piping ASME Code for Pressure Piping, B31, 2017</i>).....	4
Gambar 2. 2 Struktur mikro dari zona karakteristik sambungan las pipa boiler (a) BM, (b) HAZ, (c) WM. (<i>Lazić et al., 2016</i>)	6
Gambar 2. 3 skematik dari (a) alat bor laser dan, (b) alat bor TIG untuk pipa hidrolik selimut ITER. (<i>Ren and Skilton, 2024</i>)	9
Gambar 2. 4 Desain alur yang ditebalkan sebagian untuk pengelasan laser dalam lubang dengan	9
Gambar 2. 5 hasil SEM dan (b) hasil EDX dari sampel pipa.(<i>Azam, Abdullah and Shimoda, no date</i>).....	11
Gambar 2. 6 Diagram sampel untuk simulasi termal.(<i>Bai et al., 2020</i>)	12
Gambar 2. 7 Diagram mekanisme cacat yang menyebabkan peningkatan kerentanan penggetasan	14
Gambar 2. 8 Kontur tegangan dari cacat penetrasi yang tidak sempurna oleh FEM. (<i>Lu et al., 2021</i>)	15
Gambar 2. 9 (a) FCAW, (b) GMAW, (c) GTAW, (d) SMAW	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir	27
Gambar 4. 1 Material benda kerja (a) Pipa tebal 4 mm, (b) Pipa tebal 5 mm	31
Gambar 4. 3 (a) sarung tangan las, (b) <i>wearpack</i> , (c). helm las, (d) <i>safety shoes</i>	32
Gambar 4. 2 (a) mesin CNC Router, (b) trafo Las, (c) <i>electrode holder</i> dan <i>clamping</i>	32
Gambar 4. 4 (a) 1 pak kawat las LB-52U, (b) busur las LB-52U/E7016, (c) material benda kerja	32
Gambar 4. 5 Material benda kerja	32
Gambar 4. 6 Spesimen Uji.....	33
Gambar 4. 7 desain area pengelasan.....	34
Gambar 4. 8 dimensi area kampuh	34
Gambar 4. 9 (a) alat uji <i>hardness vickers</i> , (b) <i>optical microscope</i>	35
Gambar 4. 10 Zona integrasi pengelasan pada perbesaran 200 μ m dan struktur mikro tiap zona pada perbesaran 50 μ m pada kecepatan 6 mm/m untuk pipa tebal 4 mm.	36

KATA PENGANTAR

Puji Syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi berjudul “ANALISIS MIKROSTRUKTUR HASIL PENGELASAN SMAW PADA PIPA BAJA BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN PENGELASAN UNTUK INDUSTRI MIGAS”.

Berbagai pihak turut andil dalam penulisan laporan skripsi ini. Penulis berharap dengan tersusunnya skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kebaikan baik bagi penulis, pembaca dan pihak yang bersangkutan lainnya di kemudian hari. Adapun tujuan penulis menyusun skripsi ini sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T), pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. Pada kesempatan ini, tak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua beserta keluarga penulis yang telah memberikan semangat dan dukungan moral serta dukungan material kepada penulis untuk terus konsisten dan optimis pada diri penulis selama menjalankan kegiatan perkuliahan dan rangkaiannya agar tetap berjalan lancar hingga selesai.
2. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T., selaku kepala program studi S1-Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.
3. Bapak Armansyah, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik selama perkuliahan berlangsung, serta dosen pembimbing 1 dalam penulisan tugas akhir.
4. Bapak Ir. Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng. selaku dosen pembimbing 2 dalam penulisan tugas akhir.
5. Seluruh dosen program studi S1-Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta yang telah memberikan ilmu – ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
6. Perkumpulan pemuda pejuang masa depan cemerlang, Ridwan Bambang Rianto, Raden Pranaya Didva Ramadhan, Fajar Nurdianzah,

Abi Fatoni, Ahzar Rizki Fadillah, Naufal Arhah Aditya, Winfried Samosir dan Mochammad Khafidz.

7. Teman seperjuangan OPTIMIS 2021 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta angkatan 2021, yang selalu bersama – sama memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama melaksanakan kegiatan baik akademik ataupun non-akademik.
8. Seluruh civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran bersifat membangun agar menjadi bahan evaluasi untuk penyusunan artikel ilmiah berikutnya. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memenuhi tanggung jawab salah satu mahasiswa Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta dan bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
Abstrak.....	vi
<i>Abstract</i>	<i>vii</i>
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengelasan Pipa Secara Umum untuk Industri Minyak dan Gas	4
2.2 Metode Pengelasan.....	17
2.2.1 Las Busur Shielded Metal Arc Welding (SMAW).....	18
2.2.2 Pengelasan Gas (<i>Metal Inert Gas</i>)/GMAW	19
2.3 Baja Karbon 105 (A105)	21
2.4 Pengelasan Pipa Baja Secara Manual dan Device.....	23
2.5 Mikrostruktur Pengelasan Pada Pipa Baja	24
2.5.1 <i>Fusion Zone</i>	25
2.5.2 <i>Heat-Affected Zone</i>	26

BAB 3 METODOLOGI	27
3.1 Diagram Alir	27
3.2 Identifikasi Masalah	28
3.3 Studi Literatur	28
3.4 Preparasi Parameter Proses	28
3.5 Proses pengelasan	29
3.6 Persiapan sampel uji	29
3.7 Pengujian	29
3.8 Evaluasi hasil pengelasan	30
3.9 Analisis hasil dan pembahasan	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Persiapan Laboratori	31
4.2 Proses Pengelasan	32
4.3 Sampel pengujian	33
4.4.1 hasil pengujian metalografi dan <i>hardness vickers</i> pada pipa ketebalan 4 mm	36
4.4.2 hasil pengujian metalografi dan <i>hardness vickers</i> pada pipa ketebalan 5 mm	44
4.4.3 Kecacatan hasil pengelasan	52
4.5 Verifikasi dan validasi hasil pengambilan data uji metalografi	53
4.5.1 Verifikasi hasil pengambilan data pengujian	54
4.5.2 Validasi hasil pengamatan data pengujian	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	