

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PROSES ANNEALING TERHADAP LAPISAN *DIAMOND*
LIKE CARBON HASIL PROSES *PLASMA CHEMICAL VAPOUR*
DEPOSITION PADA BAJA AISI 410**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata Satu
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:

M. SYAHRUL MAULANA AL HUJJAZ

D200180151

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2022

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul **“PENGARUH PROSES *ANNEALING* TERHADAP LAPISAN *DIAMOND LIKE CARBON* HASIL PROSES *PLASMA CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION* PADA BAJA AISI 410”** yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang telah dipublikasikan dan pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali sebagian sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 4 Juli 2022

Yang menyatakan,



M. Syahrul Maulana Al Hujjaz

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir "**PENGARUH PROSES *ANNEALING* TERHADAP LAPISAN *DIAMOND LIKE CARBON* HASIL PROSES *PLASMA CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION* PADA BAJA AISI 410**" telah disetujui oleh pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : **M. Syahrul Maulana Al Hujjaz**

NIM : **D200180151**

Disetujui pada:

Hari : *Suwood*

Tanggal : *8 Juli 2022*

Pembimbing Tugas Akhir


Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “PENGARUH PROSES *ANNEALING* TERHADAP LAPISAN *DIAMOND LIKE CARBON* HASIL PROSES *PLASMA CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION* PADA BAJA AISI 410” telah dipertahankan di hadapan dewan penguji dan dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : **M. Syahrul Maulana Al Hujjaz**
NIM : **D200180151**

Disahkan pada:

Hari :
Tanggal :

Dewan Penguji:

Ketua : Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T

Anggota 1 : Ir. Wijianto, S.T., M.Eng.Sc

Anggota 2 : H. Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M.T

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,

Fakultas Teknik



Ir. Kholoni, S.T., M.Sc., Ph.D

Ketua Jurusan,

Teknik Mesin

Ir. Agus Dwi Anggono, M.Eng., Ph.D

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 038/II/2022 Tanggal 01 Maret 2022 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini:

Nama : Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T

Pangkat/Jabatan : Penata/Lektor

Kedudukan : Pembimbing Tugas Akhir

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:

Nama : M. Syahrul Maulana Al Hujjaz

Nomor Induk : D200180151

Jurusan/Semester : Teknik Mesin/8

Judul/Topik : Pengaruh Proses *Annealing* Terhadap Lapisan *Diamond Like Carbon* Hasil Proses *Plasma Chemical Vapour Deposition* Pada Baja AISI 410.

Rincian Soal/Tugas : Meneliti pengaruh proses *annealing* terhadap struktur dan kekerasan lapisan *Diamond Like Carbon* (DLC) hasil proses *Plasma Chemical Vapour Deposition* (PCVD) pada baja AISI 410.

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 4 Maret 2022

Pembimbing Tugas Akhir


Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T

Keterangan:

Dibuat rangkap 3 (tiga)

- 1. Untuk Kajur (Koordinator TA)*
- 2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir*
- 3. Untuk Mahasiswa*

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah : 286)

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman dari kamu sekalian dan orang-orang yang berilmu beberapa derajat.”

(QS. Al-Mujadilah : 11)

“Siapa yang menghendaki kebahagiaan hidup dunia harus dengan ilmu, dan siapa yang menghendaki kebahagiaan akhirat harus dengan ilmu dan barang siapa yang menghendaki kebahagiaan keduanya (dunia & akhirat) juga harus dengan ilmu.”

(HR. Tabrani)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sebagai ungkapan rasa syukur dan terimakasih, dengan kerendahan hati Tugas Akhir ini persembahkan kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak (Wanto) dan Ibu (Witri) sebagai orang tua serta sebagai pahlawan yang telah memberikan motivasi dan contoh yang baik dalam membentuk karakter saya, meskipun semua itu dilakukan dengan penuh perjuangan dan air mata yang semata-mata ingin menjadikan anaknya berakhlak dan dapat bermanfaat bagi orang lain.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wa Rahmatullahi Wa Barakatuh

Alhamdulillah segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul **“PENGARUH PROSES ANNEALING TERHADAP LAPISAN DIAMOND LIKE CARBON HASIL PROSES PLASMA CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION PADA BAJA AISI 410”**.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, dukungan dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

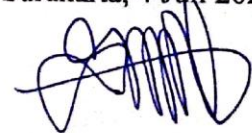
1. Bapak Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Kholqillah Ardhian Iman, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T yang telah mengarahkan, membantu, dan membimbing selama pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Wijianto, S.T., M.Eng.Sc selaku sekretaris penguji pada sidang pendadaran tugas akhir.
6. Bapak H. Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M.T selaku dosen penguji pada sidang pendadaran tugas akhir.
7. Bapak Ir. Suprpto dan Bapak Drs. BA. Tjipto Sujitno, M.T., A.P.U selaku pembimbing lapangan yang telah mengarahkan, membantu, dan membimbing selama penelitian tugas akhir ini.
8. Saudara Hari selaku operator di Laboratorium Pusat Riset Tenaga Akselerator (PRTA) BRIN Yogyakarta.

9. Jajaran staf dan dosen di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta atas segala ilmu yang diberikan selama penulis menempuh studi perkuliahan.
10. Jajaran staf dan karyawan Pusat Riset Tenaga Akselerator (PRTA) BRIN Yogyakarta.
11. Keluarga tercinta, terutama bapak dan ibu yang senantiasa memberikan doa, bimbingan, dan arahan.
12. Rekan-rekan seperjuangan Tugas Akhir bimbingan Bapak Agung Setyo Darmawan yang telah membantu dan bekerja sama serta rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2018 yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan dalam sempurnanya laporan tugas akhir ini. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membaca.

Wassalamualaikum Wa Rahmatullahi Wa Barakatuh

Surakarta, 4 Juni 2022



M. Syahrul Maulana Al Hujjaz

**PENGARUH PROSES ANNEALING TERHADAP LAPISAN DIAMOND
LIKE CARBON HASIL PROSES PLASMA CHEMICAL VAPOUR
DEPOSITION PADA BAJA AISI 410**

M. Syahrul Maulana Al Hujjaz, Agung Setyo Darmawan

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah

Email: maulanaassyahrul@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses *annealing* terhadap struktur dan kekerasan lapisan *Diamond Like Carbon* (DLC) hasil proses *Plasma Chemical Vapour Deposition* (PCVD) pada material baja AISI 410. Proses *annealing* dilakukan terhadap material baja AISI 410 pada temperatur 850°C dengan waktu penahanan selama 20 menit dan didinginkan pada temperatur kamar. Selanjutnya dilakukan proses pembentukan lapisan DLC dengan metode PCVD menggunakan gas argon dan LPG dengan rasio *flow rate* sebesar 9:1 pada tekanan 1,6 mbar, temperatur 400°C, dan waktu pelapisan selama 4 jam. Hasil pengujian *Raman Spectroscopy* menunjukkan bahwa struktur lapisan DLC pada baja AISI 410 yang tidak dilakukan *annealing* memiliki kandungan sp^3 (*diamond*) lebih banyak dibandingkan dengan lapisan DLC pada baja AISI 410 yang dilakukan *annealing*. Hasil pengujian kekerasan mikro Vickers menunjukkan bahwa lapisan DLC pada baja AISI 410 yang tidak dilakukan *annealing* memiliki nilai kekerasan yang lebih besar yaitu sebesar 914,14 VHN dibandingkan dengan lapisan DLC pada baja AISI 410 yang dilakukan *annealing* yaitu sebesar 612,30 VHN.

Kata Kunci : *Diamond Like Carbon*, Baja AISI 410, PCVD, *Raman Spectroscopy*, Vickers

***THE EFFECT OF ANNEALING PROCESS ON DIAMOND LIKE CARBON
LAYER OF PLASMA CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION PROCESS ON
AISI 410 STAINLESS STEEL***

M. Syahrul Maulana Al Hujjaz, Agung Setyo Darmawan

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah

Email: maulanaassyahrul@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of annealing process on the structure and hardness of Diamond Like Carbon (DLC) layer resulting from Plasma Chemical Vapour Deposition (PCVD) process on AISI 410 stainless steel material. The annealing process was carried out on AISI 410 stainless steel material at temperature 850°C with holding time 20 minutes and cooled to room temperature. Furthermore, the process of forming DLC layer was carried out using PCVD method using argon gas and LPG with flow rate ratio 9:1 at pressure 1,6 mbar, temperature 400°C, and coating time 4 hours. The results of Raman Spectroscopy test showed that DLC layer structure on AISI 410 stainless steel which was not annealed had more sp^3 (diamond) content than DLC layer on AISI 410 stainless steel which was annealed. The results of Vickers microhardness test showed that DLC layer on AISI 410 stainless steel which was not annealed had a greater hardness value of 914,14 VHN compared to DLC layer on AISI 410 stainless steel which was annealed which was 612,30 VHN.

Keywords : *Diamond Like Carbon, AISI 410 Stainless Steel, PCVD, Raman Spectroscopy, Vickers*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR.....	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>)	7
2.2.2 <i>Annealing</i>	11
2.2.3 <i>Diamond Like Carbon (DLC)</i>	12
2.2.4 <i>Raman Spectroscopy</i>	15
2.2.5 Uji Kekerasan Vickers	18

BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Rancangan Penelitian	20
3.2 Lokasi Penelitian	21
3.3 Bahan dan Alat Penelitian	21
3.3.1 Bahan Penelitian	21
3.3.2 Alat Penelitian	21
3.4 Persiapan Sampel	27
3.4.1 Persiapan Sampel Baja AISI 410 Untuk Pelapisan DLC	27
3.4.2 Persiapan Sampel Baja AISI 410 Perlakuan <i>Annealing</i> Untuk Pelapisan DLC	27
3.5 Pembentukan Lapisan DLC	28
3.6 Pengujian Sampel.....	29
3.6.1 Pengujian <i>Raman Spectroscopy</i>	29
3.6.2 Pengujian Kekerasan Mikro Vickers	30
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pengujian <i>Raman Spectroscopy</i>	31
4.2 Pengujian Kekerasan Mikro Vickers.....	34
BAB V PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Fasa Besi Karbida Menunjukkan Rentang Temperatur Perlakuan Panas untuk Baja Karbon Biasa	12
Gambar 2.2	Hibridisasi sp^1 , sp^2 , dan sp^3	13
Gambar 2.3	Diagram Fasa Turner Ikatan Karbon Amorf-Hidrogen	14
Gambar 2.4	Skema Pengujian <i>Raman Spectroscopy</i>	16
Gambar 2.5	Perbandingan Spektrum Raman Berdasarkan Jenis Struktur Karbon	18
Gambar 2.6	Skema Pengujian Kekerasan Vickers	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 3.2	Perangkat Mesin Bubut	22
Gambar 3.3	Tungku Pemanas (<i>Furnace</i>)	22
Gambar 3.4	Amplas.....	23
Gambar 3.5	Jangka Sorong	24
Gambar 3.6	Perangkat <i>DC Plasma Glow Discharge</i>	24
Gambar 3.7	Perangkat <i>Raman Spectroscopy</i>	25
Gambar 3.8	Perangkat <i>Micro Vickers Hardness Tester</i>	26
Gambar 3.9	Pasta <i>Metal Polish</i>	26
Gambar 3.10	Skema Pembentukan Lapisan DLC Dengan Metode PCVD	28
Gambar 4.1	Hasil Uji <i>Raman Spectroscopy</i> sampel DLC RAW AISI 410	31
Gambar 4.2	Hasil Uji <i>Raman Spectroscopy</i> sampel DLC ANIL AISI 410	32
Gambar 4.3	Penampang Hasil Pengujian Kekerasan Mikro Vickers Pada Sampel (a) RAW AISI 410, (b) ANIL AISI 410, (c) DLC RAW AISI 410, dan (d) DLC ANIL AISI 410.....	34
Gambar 4.4	Histogram Kekerasan Vickers	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Sifat Mekanis Baja Tahan Karat <i>Austenitic</i>	8
Tabel 2.2	Nilai Sifat Mekanis Baja Tahan Karat <i>Ferritic</i>	10
Tabel 2.3	Nilai Sifat Mekanis Baja Tahan Karat <i>Martensitic</i>	11
Tabel 2.4	Karakteristik Karbon Amorf Berdasarkan Konsentrasi sp^3 , Hidrogen, Kerapatan Zat, dan Kekerasan.....	15
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro Vickers.....	35

DAFTAR NOTASI

<u>Notasi</u>		<u>Nama</u>	<u>Satuan</u>
F	=	Beban uji	kgf
d	=	Diagonal rata-rata bekas injakan	mm
HV	=	Nilai kekerasan Vickers	VHN
I _D	=	Nilai intensitas puncak D	counts
I _G	=	Nilai intensitas puncak G	counts
I _D /I _G	=	Nilai rasio intensitas puncak D/puncak G	