

TUGAS AKHIR
PELAPISAN Ni-Cr DAN ALUMINIUM PADA BAJA KARBON
ST 40 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SPUTTERING*



Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh :

BAGUS RADIANT UTOMO

D200 120 102

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2017

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul **"PELAPISAN Ni-Cr DAN ALUMINIUM PADA BAJA KARBON ST 40 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SPUTTERING*"** yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk memperoleh gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 10 April 2017

Yang menyatakan,



Bagus Radiant Utomo

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir berjudul "PELAPISAN Ni-Cr DAN ALUMINIUM PADA BAJA KARBON ST 40 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SPUTTERING*" telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : Bagus Radiant Utomo

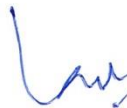
NIM : D200 12 0102

Disetujui pada

Hari : *Senin*

Tanggal : *10 April 2017*

Pembimbing Utama



Tri Widodo Besar Riyadi, S.T, M.Sc, Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul "PELAPISAN Ni-Cr DAN ALUMINIUM PADA BAJA KARBON ST 40 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SPUTTERING*" telah dipertahankan di hadapan tim penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : Bagus Radiant Utomo
NIM : D200 12 0102

Disetujui pada

Hari : *Senin*.....
Tanggal : *10 April 2017*...

Tim Penguji :

Ketua : Tri Widodo B R, S.T, M.Sc, Ph.D(*Long*)

Anggota 1 : Agus Yulianto, ST, M.T *(Agus Yulianto)*

Anggota 2 : Ir. Bibit Sugito, M.T *Bibit Sugito*



Dekan

(Signature)
Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

Ketua Jurusan

(Signature)
Tri Widodo B. R., S.T., M.Sc., Ph.D

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nomor 150 / II / 2016 Tanggal 08 - 09 - 2016
dengan ini:

Nama : Dr. Tri Widodo Besar Riyadi
Pangkat/Jabatan : Asisten Ahli
Kedudukan : Pembimbing Utama
memberikan Soal Tugas Akhir kepada Mahasiswa:

Nama : Bagus Radiant Utomo
Nomor Induk : D200120102
NIRM : -
Jurusan/Semester : Teknik Mesin
Judul/Topik : PELAPISAN Ni-Cr DAN ALUMINIUM PADA BAJA
KARBON ST 40 DENGAN MENGGUNAKAN METODE
SPUTTERING
Rincian Soal/Tugas :

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta,

Pembimbing



Dr. Tri Widodo Besar Riyadi

HALAMAN MOTTO

Karena sesungguhnya Allah SWT akan mendatangkan kemudahan setelah kita ditimpa kesusahan.
(QS Al-insyiroh ayat 5-6)

Hendaklah kamu tolong menolong dalam kebaikan dan ketakwaan, dan janganlah saling membantu dalam perbuatan dosa dan permusuhan. Dan bertakwalah kepada Allah. Sesungguhnya Allah amat berat siksaan-Nya.
(QS Ma-idah (5) : 2)

Tetaplah merasa bodoh, agar kita terus belajar.
Tetaplah merasa lapar, agar kita berusaha.
(Steve Jobs)

Kesuksesan hanya dapat diraih dengan usaha yang disertai doa, karena nasib tidak akan berubah dengan sendirinya tanpa berusaha
(Bagus Radiant Utomo)

PELAPISAN Ni-Cr DAN ALUMINIUM PADA BAJA KARBON ST 40 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SPUTTERING*

Bagus Radiant Utomo, Tri Widodo B R, ST, M. Sc, Ph. D

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : bagusradiant21@gmail.com

ABSTRAKSI

Telah dilakukan deposisi lapisan tipis nikel-krom (Ni-Cr) dan aluminium (Al) pada baja karbon ST 40 dengan teknik *sputtering*. Dalam teknik *sputtering* substrat baja karbon ST 40 diletakkan pada anoda dan target nikel-krom dan aluminium diletakkan pada katoda dan gas argon sebagai gas *sputter*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pelapisan nikel-krom dan aluminium dengan proses *sputtering* dan proses pemanasan terhadap perubahan sifat mekanis pada baja karbon ST 40. Proses *sputtering* dilakukan dengan dua tahapan, dimana pada tahap pertama dilakukan proses *sputtering* nikel-krom pada permukaan baja karbon ST 40 dengan waktu deposisi 60; 120; 180; 240 menit dan dilanjutkan dengan tahap pelapisan aluminium dengan waktu deposisi 30 menit menggunakan aliran gas argon 88,6 ml/menit. Kemudian dilakukan proses pemanasan menggunakan oven dengan suhu 600 °C selama 30 menit. Pengujian sifat mekanis yaitu pengujian foto mikro permukaan, pengujian SEM/EDX dan pengujian kekerasan dengan metode *Vickers*. Hasil pengujian foto mikro permukaan memperlihatkan perbedaan permukaan dari permukaan sebelum pelapisan, permukaan sesudah pelapisan dan permukaan setelah pemanasan. Hasil pengujian SEM/EDX memperlihatkan adanya lapisan yang terjadi antara baja, nikel-krom, dan aluminium. Serta hasil untuk komposisi EDX-Pure didapatkan 82,17 % unsur aluminium, 15,36 % unsur krom, 2,46 % unsur nikel dan hasil EDX-

Oxide didapatkan 87,68 % unsur Al_2O_3 , 10,8 % unsur Cr_2O_3 , 1,52 unsur NiO. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan berbeda antara baja karbon ST 40 (171,960 HVN), proses *sputtering* nikel-krom dengan deposisi waktu 60 menit (191,256 HVN), proses *sputtering* nikel-krom dengan deposisi waktu 60; 120; 180; 240 menit dan aluminium 30 menit (279,912; 253,056; 231,264; 213,888 HVN), dan setelah pemanasan (318,504; 296,880; 256,224; 240,480 HVN).

Kata kunci : *Sputtering*, Nikel-Krom (Ni-Cr), Aluminium (Al), Baja karbon, Pemanasan, Foto Permukaan, SEM/EDX, Kekerasan *Vickers*.

ABSTRACT

Deposition of Ni-Cr and Al thin film on steel carbon ST 40 substrate has been done by sputtering dc technique. In sputtering technique, the Ni-Cr and Al target and steel carbon ST 40 substrate are put down on cathode and anode, Ar gas as sputtering. The aim of the research is to obtain the deposition effect of Ni-Cr and al by sputtering process and heat treatment process toward mechanical disposition of steel carbon ST 40. The sputtering process was done by two steps. The first step was sputtering process of nickel-chrome on the steel carbon ST 40 surface with the deposition time 60, 120, 180, 240 minutes. The second step was aluminium deposition time 30 minutes and gas argon flow for 88,6 ml/minute. Then, the researcher do heat treatment process by using oven and the temperature is 600 °C for 30 minutes. The mechanical deposition test is the morphology of the surface, SEM/EDX test, and hardness test with Vickers method. the morphology of the surface showed the differences of the surface such as before thin film surface, before thin film surface and after reheating surface. SEM/EDX test showed the existence of layer that happen between steel carbon, nickel-chrome, and aluminium. The result of EDX Pure composition was 82,17% aluminium; 15,36% chrome; 2,46 % nickel and the result of EDX – Oxide is 87,68% Al_2O_3 ; 10,8% Cr_2O_3 ; and 1,52 % NiO. The hardness test showed that the hardness value is different between carbon steel ST 40 (171,960 HVN), nickel-chrome sputtering process with 60 minutes deposition time (191,256 HVN), nickel-chrome sputtering process with 60; 120; 240; 240 minutes deposition time and aluminium with 30 minutes deposition time (279,912; 253,056; 231,264; 213;888 HVN), and after heat treatment (318,504; 296,880; 256,224; 240,480 HVN).

Keywords : *Sputtering, Nickel-Chrome (Ni-Cr), Aluminium (Al), Steel Carbon, Heat Treatment, morphology of the surface, SEM/EDS, Hardness Vickers.*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur kehadiran Allah SWT, beserta Rasulnya, bangga, haru, serta bahagia yang mendalam setelah melewati berbagai cobaan, halangan maupun rintangan dalam perjuangan yang panjang, saya persembahkan tugas akhir ini kepada :

1. Bapak dan Ibu saya tercinta yang selalu mendoakan, memberi dukungan secara finansial, tenaga serta dorongan sepanjang waktu dan tak henti-hentinya memberikan motivasi kepada saya disaat dalam masalah hingga sampai mengantarkan saya sebagai seorang sarjana Teknik Mesin.
2. Kepada kakakku tercinta Karel Rusbianto, Ervin Dwi Novianti, Jemi Triahadi, Rahmat Patrio Utomo, dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan semangat maupun dukungan secara finansial.
3. Kepada teman satu kelompok Dwi Prasetyo, yang selalu membantu dan memberi solusi dalam menyelesaikan proses tugas akhir sampai selesai.
4. Semua teman–temanku Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta angkatan 2012 yang senantiasa memberi dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir saya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir berjudul “**Pelapisan Ni-Cr dan Aluminium Pada Baja Karbon ST 40 Dengan Menggunakan Metode *Sputtering***”, dapat terselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Tri Widodo Besar R., S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Tri Widodo Besar R., S.T., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing utama Tugas Akhir ini.
4. Bapak Amin Sulistyanto, ST., selaku pembimbing akademik di jurusan Teknik Mesin yang selalu memberi arahan dan saran yang baik.
5. Pusat Sains dan Teknologi Akselerator – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA-BATAN) Yogyakarta, yang telah memberi izin untuk melakukan penelitian Tugas Akhir Ini.
6. Bapak DRS. B.A. Tjipto Sujitno, MT, APU dan Irianto, S.T, selaku pembimbing lapangan di PSTA-BATAN serta semua pihak yang telah bersedia memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Keluarga tercinta Ibu, Bapak, dan Kakak yang selalu sabar dan memberikan dukungan semangat baik moril maupun materiil.

8. Kepada teman satu kelompok Dwi Prasetyo, yang selalu membantu, memberi solusi dan bersama-sama menyelesaikan proses Tugas Akhir sampai selesai.
9. Teman-teman angkatan 2012 yang banyak memberikan motivasi dan semangat bagi penulis.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan terima kasih telah membantu dan atas dukungannya, semoga Allah membalas kebaikanmu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

Wasalammu'alaikum, Wr. Wb.

Surakarta, 10 April 2017



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
ABSTRAKSI.....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Plasma Lucutan Pijar DC.....	8
2.3. Konsep Dasar <i>Sputtering</i>	9
2.4. Mekanisme <i>Sputtering</i>	10

2.5.	Interaksi Ion Gas <i>Sputter</i> Dengan Target	11
2.6.	Energi Ion Gas <i>Sputter</i>	12
2.7.	<i>Sputter Yield</i>	12
2.8.	Sistem Pemvakuman	13
2.9.	Tingkat Kevakuman	14
2.10.	Pompa Vakum	14
2.10.1.	Pompa Rotari.....	14
2.10.2.	Pompa Difusi	16
2.11.	<i>Heat Treatment</i>	17
2.12.	Mekanisme Difusi	17
2.12.1.	Difusi <i>Vagancy</i>	17
2.12.2.	Difusi <i>Intertisial</i>	18
2.13.	Baja Karbon	19
2.13.1.	Baja Karbon Rendah (<i>Low Carbon Steel</i>).....	19
2.13.2.	Baja Karbon Sedang (<i>Medium Carbon Steel</i>)	19
2.13.3.	Baja Karbon Tinggi (<i>High Carbon Steel</i>).....	19
2.14.	Nikel-Krom	20
2.15.	Aluminium	20
2.16.	Kekerasan <i>Vickers</i>	21
2.17.	SEM/EDX.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2.	Alat dan Bahan	24
3.2.1.	Alat Penelitian.....	24
3.2.2.	Bahan Penelitian.....	29
3.3.	Diagram Alir Penelitian	31
3.4.	Prosedur Penelitian	32
3.4.1.	Studi Pustaka.....	32
3.4.2.	Studi Eksperimen.....	32
3.4.3.	Persiapan Alat dan Bahan	32

3.4.4.	Proses Pencucian	32
3.4.5.	Proses <i>Sputtering</i>	32
3.4.6.	Proses <i>Heat Treatment</i>	36
3.4.7.	Pengujian Kekerasan dan Foto Mikro	37
3.4.8.	Pengujian SEM/EDX	39
3.4.9.	Analisa Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1.	Hasil Foto Mikro Permukaan	41
4.2.	Hasil Pengujian SEM/EDX	43
4.3.	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	48
4.4.	Analisa Data Kekerasan	53
BAB V PENUTUP		57
5.1.	Kesimpulan	57
5.2.	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Tabung Lucutan Pijar DC	9
Gambar 2.2.	Sistem <i>Sputtering</i>	11
Gambar 2.3.	Proses Tumbukan Ion Dan Atom Target	11
Gambar 2.4.	Prinsip Kerja Pompa Rotari	15
Gambar 2.5.	Pompa Difusi Satu Tingkat	16
Gambar 2.6.	Proses Difusi <i>Vacancy</i> /Kekosongan.....	17
Gambar 2.7.	Proses Difusi <i>Intetisial</i>	18
Gambar 2.8.	Sudut Dan Hasil Jejak Piramida Intan	22
Gambar 3.1.	Mesin DC <i>Sputtering</i>	25
Gambar 3.2.	Mesin Oven	25
Gambar 3.3.	Alat Uji Kekerasan (<i>Vickers</i>).....	26
Gambar 3.4.	Mesin Polish	26
Gambar 3.5.	Alat Uji SEM/EDS.....	27
Gambar 3.6.	Peralatan Mounting	27
Gambar 3.7.	Peralatan Penunjang.....	28
Gambar 3.8.	Peralatan Pengukuran.....	28
Gambar 3.9.	Peralatan <i>Safety</i>	29
Gambar 3.10.	Substrat Baja Karbon ST 40.....	29
Gambar 3.11.	Target <i>Sputtering</i>	30
Gambar 3.12.	Gas Argon	30
Gambar 3.13.	Skema Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 3.14.	Proses Peletakan Target Dan Substrat	33
Gambar 3.15.	Proses <i>Sputtering</i>	35
Gambar 3.16.	Hasil Pelapisan <i>Sputtering</i>	36
Gambar 3.17.	Proses Pemanasan <i>Substrat</i>	36
Gambar 3.18.	Substrat Hasil Pemanasan	37
Gambar 3.19.	Proses Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	37
Gambar 3.20.	Jejak Hasil Penekanan Pengujian <i>Vickers</i>	38
Gambar 3.21.	Layar Alat Uji <i>Vickers</i>	39

Gambar 3.22.	Hasil Mounting	39
Gambar 3.22.	Alat SEM/EDS.....	40
Gambar 4.1.	Foto Mikro Permukaan Logam Induk.....	41
Gambar 4.2.	Foto Mikro Permukaan Lapisan Ni-Cr Selama 60 menit.....	41
Gambar 4.3.	Foto Mikro Permukaan Lapisan <i>Sputtering</i>	42
Gambar 4.4.	Foto Mikro Permukaan Lapisan <i>Sputtering</i> Setelah Pemanasan	43
Gambar 4.5.	Foto SEM Dengan Pembesaran 3000x	44
Gambar 4.6.	Foto SEM Dengan Pembesaran 5000x	44
Gambar 4.7.	Foto SEM Dengan Pembesaran 10000x.....	45
Gambar 4.8.	Foto SEM/EDS Dengan Pembesaran 3000x.....	46
Gambar 4.9.	Grafik Hasil Pengujian EDX- <i>Pure</i>	46
Gambar 4.10.	Grafik Hasil Pengujian EDX- <i>Oxide</i>	47
Gambar 4.11.	Grafik Kekerasan Rata-Rata Substrat Logam Induk, Lapisan Ni-Cr, Lapisan Ni-Cr Dan Hasil perlakuan Pemanasan	53
Gambar 4.12.	Grafik Kekerasan Rata-Rata Lapisan <i>Sputtering</i> Dan Lapisan <i>Sputtering</i> Setelah Pemanasan	55

DAFTAR TABEL

Tabel	4.1.	Hasil EDX- <i>Pure</i>	47
Tabel	4.2.	Hasil EDX- <i>Oxide</i>	48
Tabel	4.3.	Hasil Kekerasan Logam Induk.....	49
Tabel	4.4.	Hasil Kekerasan Target Ni-Cr.....	49
Tabel	4.5.	Hasil Kekerasan Target Aluminium	49
Tabel	4.6.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr Selama 60 Menit.....	50
Tabel	4.7.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr 60 menit Dan Aluminium Selama 30 menit.....	50
Tabel	4.8.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr 120 menit Dan Aluminium Selama 30 menit.....	50
Tabel	4.9.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr 180 menit Dan Aluminium Selama 30 menit.....	51
Tabel	4.10.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr 240 menit Dan Aluminium Selama 30 menit.....	51
Tabel	4.11.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr 60 menit Dan Aluminium Selama 30 menit Dengan Pemanasan Suhu 600°C Selama 30 menit	51
Tabel	4.12.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr 120 menit Dan Aluminium Selama 30 menit Dengan Pemanasan Suhu 600°C Selama 30 menit	52
Tabel	4.13.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr 180 menit Dan Aluminium Selama 30 menit Dengan Pemanasan Suhu 600°C Selama 30 menit	52
Tabel	4.14.	Hasil Kekerasan Lapisan Ni-Cr 240 menit Dan Aluminium Selama 30 menit Dengan Pemanasan Suhu 600°C Selama 30 menit	53