

ABSTRAK

Kurotun Aini
NIM: 201720029

Pengaruh Doping Berbasis Oksida terhadap Mikrostruktur Lapisan Suhu Tinggi pada Substrat Inconel 625

Penelitian ini mengembangkan pelapis suhu tinggi yang diterapkan pada komponen berbasis nikel, terdiri dari inconel 625. YSZ (*Yttrium stabilized zirconia*) banyak digunakan sebagai lapisan *top coat* pada sistem TBC (*Thermal Barrier coating*) karena memiliki konduktivitas termal rendah sehingga mampu bertahan pada suhu tinggi. YSZ dibentuk melalui metode EPD (*Electrophoretic deposition*) dengan adanya pengembangan lapisan YSZ didoping Fe_2O_3 selaras dengan penelitian sebelumnya. Adapun kebaruan penelitian ini yaitu doping Fe_2O_3 yang ditambahkan dengan Al_2O_3 . Selain membandingkan doping oksida, penelitian ini diaplikasikan pelapisan YSZ yang pertama *dicoating* di atas substrat sebagai *single layer*, kemudian dilihat performa sebagai sistem TBC secara utuh yaitu dideposit di atas *bond coat* NiCrMo yang disebut *double layer*. Hasil penelitian ini menunjukkan dari kedua doping tersebut nilai viskositas optimal yaitu pada hari ke 8 dengan masing-masing range 1,031-0,928 dan 1,288-0,979. Pengaruh doping $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$ dibandingkan dengan doping Fe_2O_3 memiliki nilai porositas yang rendah sehingga meningkatkan kekerasan lapisan nilainya yaitu 3,921% dan 283,8 HV. Untuk mikrostruktur pengaruh doping $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$ yaitu keberadaan Al_2O_3 dapat memperbaiki daya ikat lapisan sehingga memperkuat dan mempertahankan suatu lapisan YSZ. Hasil XRD (*X-ray diffraction*) menunjukkan hasil dengan adanya doping $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$ terbentuk fasa tetragonal dan monoklinik serta dianalisis kuantifikasi fasanya yaitu fasa tetragonal lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan fasa monoklinik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lapisan yang sesuai untuk dilakukan pengujian korosi, oksidasi dan erosi yaitu lapisan *single layer* dan lapisan *double layer* yang di doping dengan $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$.

Kata Kunci: *Yttrium stabilized zirconia*, *Electrophoretic deposition*, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , inconel 625

ABSTRACT

Kurotun Aini
201720029

Effect of Oxide-Based Doping on Microstructure of High Temperature Coating on Inconel 625 Substrate

This research developed a high temperature coating applied to nickel-based components, consisting of inconel 625. YSZ (Yttrium stabilized zirconia) is widely used as a top coat layer in TBC (Thermal Barrier coating) systems because it has low thermal conductivity so that it can withstand high temperatures. YSZ is formed through the EPD (Electrophoretic deposition) method with the development of the Fe_2O_3 doped YSZ layer in line with previous research. The novelty of this research is Fe_2O_3 doping which is added with Al_2O_3 . In addition to comparing oxide doping, this study applied YSZ coating first on top of the substrate as a single layer, then looked at the performance as a complete TBC system, namely deposited on top of the NiCrMo bond coat called double layer. The results of this study show that from both doping, the optimal viscosity value is on day 8 with a range of 1.031-0.928 and 1.288-0.979, respectively. The effect of $Fe_2O_3+Al_2O_3$ doping compared to Fe_2O_3 doping has a low porosity value so as to increase the hardness of the coating value which is 3.921% and 283.8 HV. For the microstructure, the effect of $Fe_2O_3+Al_2O_3$ doping is that the presence of Al_2O_3 can improve the bonding power of the coating so as to strengthen and maintain a YSZ coating. The results of XRD (X-ray diffraction) show the results in the presence of $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ doping formed tetragonal and monoclinic phases and analyzed the quantification of the phase, namely the tetragonal phase is higher in value than the monoklink phase. So it can be concluded that the layers suitable for corrosion, oxidation and erosion testing are single layer and double layer doped with $Fe_2O_3+Al_2O_3$.

Keywords: *Yttrium stabilized zirconia, Deposisi elektroforesis, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , inconel 625*

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dan diajukan pada Program Studi Fisika Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten ini sepenuhnya asli merupakan hasil karya tulis ilmiah saya pribadi.

Adapun tulisan maupun pendapat orang lain yang terdapat dalam skripsi saya ini telah saya sebutkan kutipannya secara jelas dengan etika keilmuan yang berlaku dibidang penulisan karya ilmiah.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau seluruh isi skripsi ini merupakan hasil perbuatan plagiarisme atau mencontek karya tulis orang lain, saya bersedia untuk menerima sanksi berupa pencabutan gelar kesarjanaan yang saya terima ataupun sanksi akademik lain sesuai yang berlaku.

Serang, 26 Juni 2024



Kurotun Aini
NIM. 201720029

Nomor : - Kepada Yth.
Lampiran : satu (1) eks Dekan Fakultas Sains
Perihal : Pengajuan Munaqasah UIN SMH Banten
a.n. Kurotun Aini di -
NIM: 201720029 Serang


Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dipermaklumkan dengan hormat, bahwa setelah membaca dan menganalisa serta mengadakan koreksi seperlunya, kami berpendapat bahwa skripsi saudari Kurotun Aini dengan NIM: 201720029 yang berjudul "Pengaruh Doping Berbasis Oksida Terhadap Mikrostruktur Lapisan Suhu Tinggi Pada Substrat Inconel 625", telah dapat diajukan sebagai salah satu syarat untuk melengkapi ujian munaqasah pada Fakultas Sains Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Demikian segala perhatian Bapak kami ucapkan terima kasih.

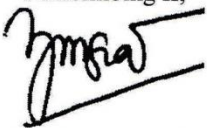
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I,


Fina Fitratun Amaliyah, M.Sc
NIDN. 2010029003

Serang, 26 Juni 2024

Pembimbing II,


Dr. Eni Sugiarti, M. Eng
NIP. 198205052006042002


**PENGARUH DOPING BERBASIS OKSIDA TERHADAP
MIKROSTRUKTUR LAPISAN SUHU TINGGI PADA SUBSTRAT
INCONEL 625**

Oleh:

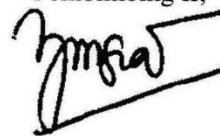
Kurotun Aini
NIM: 201720029

Menyetujui,

Pembimbing I,



Fina Fitratan Amalivah, M.Sc
NIDN. 2010029003

Pembimbing II,



Dr. Eni Sugiarti, M. Eng
NIP. 198205052006042002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains


Dr. Asep Saefurrohman, M.Si
NIP. 197808272003121003

Ketua Program Studi Fisika


Elsi Ariani, M.Si
NIP. 198901232018012001


HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi a.n Kurotun Aini, NIM: 201720029 yang berjudul “Pengaruh Doping Berbasis Oksida Terhadap Mikrostruktur Lapisan Suhu Tinggi Pada Substrat Inconel 625” telah diujikan dalam Ujian Tugas Akhir Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten pada 14 Juni 2024.

Skripsi tersebut telah disahkan dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Serang, 26 Juni 2024

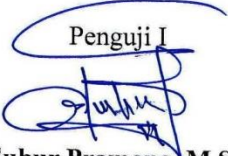
Pembimbing Utama


Fina Fitriatun Amalivah, M.Sc.
NIDN. 2010029003

Pembimbing Pendamping


Dr. Eni Sugiarti, M. Eng.
NIP. 198205052006042002

Penguji I


Subur Pramono, M.Si.
NIP. 199006262020121002

Penguji II


Beta Nur Pratiwi, M.Si.
NIP. 199301022023212036

Ketua Penguji


Dr. Asep Saefurrohman, M.Si.
NIP. 197808272003121003

PERSEMBAHAN

Setiap kata yang ku ukir saya persembahkan skripsi ini untuk Bapak dan ibu tercinta yang bernama Ucu Nugraha dan Suhaenah atas do'a dan ridha serta dukungannya sehingga saya bisa berada dititik ini. Tak lupa kepada nenek ku tersayang yang bernama Salamah yang telah duluan di panggil oleh Allah SWT, yang selalu menjadi motivasi dan semangat untuk mengejar cita-cita, terakhir kepada kedua adik ku Aulia Marwati dan Putri Mutiara yang senantiasa selalu memberikan warna disetiap harinya.

MOTTO

“Maksimalkan Usahanya, Biarkan Hasil Menjawabnya”

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 10 Januari 2002 di Kota Pandeglang, tepatnya di Kampung Pasir Sereh Desa Tegal Kecamatan Cikeudal Pandeglang-Banten. Dilahirkan dari rahim ibu Suhaenah dan Bapak Ucu Nugraha serta mempunyai 2 saudara perempuan yang bernama Aulia Marwati dan Putri Mutiara.

Pendidikan formal yang ditempuh penulis adalah sebagai berikut: SDN Tegal 2, MTs Muhammadiyah Kubang Kondang dan MA. Mathla'ul Anwar Pusat Menes serta melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi di UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten pada Program Studi Fisika Fakultas Sains.

Selama menempuh perkuliahan, penulis banyak mengikuti kegiatan intra dan ekstrakurikuler yang ada di UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten dengan menjadi Ketua komisi E SEMA Fakultas Sains tahun 2022, Duta Fakultas Sains tahun 2022, Sekertaris Bidang Nalek FKBM KIP-K UIN SMH Banten tahun 2022, Ketua Biro Riset UKM PRIMA UIN SMH Banten tahun 2022, Anggota bidang P3A HMI Komisariat Tarbiyah UIN SMH Banten tahun 2022, Bendahara Umum LAPMI HMI Cabang Serang tahun 2022. Selain itu penulis juga berkesempatan magang MBKM di BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) dalam bidang Pusat Riset Material Maju tahun 2023.

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Segala puji bagi Allah SWT., yang telah memberikan taufik, hidayah, serta inayah-Nya, sehingga TA ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Shalawat serta Salam semoga tetap tercurah kepada Rasulullah SWT., keluarga, para sahabat serta para pengikutnya yang setia hingga akhir zaman. Tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Doping Berbasis Oksida Terhadap Mikrostruktur Lapisan Suhu Tinggi Pada Substrat Inconel 625” merupakan tugas akhir yang diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Pada Program Studi Fisika Fakultas Sains UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten. Dalam menyelesaikan TA ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah *Subhanahu wa Ta'ala*
2. Orang tua tersayang, ayahanda Ucu Nugraha dan ibunda Suhaenah yang selalu support dan memberikan do'a serta dukungan baik moril maupun materil kepada penulis.
3. Kedua saudara perempuan saya Aulia Marwati dan Putri Mutiara yang menjadi penyemangat dan motivasi bagi penulis.
4. Ibu Fina Fitratun Amaliyah, M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan masukan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Eni Sugiarti, M.Eng selaku pembimbing kedua penulis di Pusat Riset Material Maju, BRIN yang telah memberikan arahan, dukungan serta bantuan kepada penulis dalam pelaksanaan tugas akhir sampai penyusunan laporan skripsi.
6. Bapak Prof. Dr. Wawan Wahyuddin, M.Pd., Rektor UIN SMH Banten yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk

bergabung dan belajar di lingkungan UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

7. Bapak Dr. Asep Saefurohman, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains yang telah mendorong penyelesaian studi dan skripsi penulis.
8. Ibu Elsi Ariani, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains UIN SMH Banten yang telah memberikan motivasi.
9. Bapak dan Ibu Dosen di lingkungan Fakultas Sains UIN SMH Banten yang telah mengajar dan mendidik penulis selama menempuh pendidikan.
10. Kak Nurul Latifah, S.Si yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis dalam melakukan penelitian, pengolahan data dan penyusunan laporan selama pelaksanaan tugas akhir.
11. Kak Safitry, Kak Muslim, Kak Edo dan Kak Silvi selaku *Researcher Assistant* yang selalu memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis selama pelaksanaan tugas akhir.
12. Ihah Fadilah dan Aunilah selaku rekan satu perjuangan di laboratorium HTMC yang selalu memberikan dukungan dan bantuan selama pelaksanaan penelitian tugas akhir.
13. Seluruh mahasiswa peminatan material dan teori (Sutihah, Ihah, Dina, Ines, Weni, Farah, Umna, Ali, Oyon, Putri, Rizki) yang telah membantu dan berjuang bersama dalam penyusunan tugas akhir.
14. Amanda Mulyasari sebagai partner penulis dalam penyusunan tugas akhir.
15. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tanpa mengurangi rasa hormat penulis tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan kalian dengan balasan yang berlipat ganda Amiin. Penulis juga menyadari bahwa

skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan guna perbaikan selanjutnya.

Akhirnya hanya kepada Allah SWT penulis berharap, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, Amiin.

Serang, 26 Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
NOTA DINAS	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERSEMBAHAN	vii
MOTTO	viii
RIWAYAT HIDUP	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Kajian Teori	8
B. Hasil Penelitian yang Relevan	26
C. Kerangka Berpikir.....	32
D. Hipotesis	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
A. Waktu dan Tempat Penelitian	34

1. Waktu Penelitian.....	34
B. Alat dan Bahan.....	35
C. Prosedur Kerja	40
D. Jenis Metode Penelitian	47
E. Teknik Pengumpulan Data.....	49
F. Teknik Analisis Data.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
A. Analisis viskositas suspensi yang optimal untuk proses EPD	52
B. Analisis pengaruh doping Fe ₂ O ₃ dan Al ₂ O ₃ terhadap sifat mekanik lapisan 8YSZ.....	60
C. Analisis pengaruh doping Fe ₂ O ₃ dan Al ₂ O ₃ terhadap morfologi dan identifikasi senyawa lapisan 8 YSZ	64
D. Analisis fasa yang terbentuk pada sampel doping Fe ₂ O ₃ dan Al ₂ O ₃	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
A. Kesimpulan	80
B. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Model dua pelat.....	17
Gambar 2. 2 Alur Kerangka Penelitian.....	33
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian.....	35
Gambar 3. 2 Kondisi visual YSZ (a) tanpa Al ₂ O ₃ (b) dengan Al ₂ O ₃	39
Gambar 3. 3 Substrat setelah (a) Polish (b) Blasting	41
Gambar 3. 4 Kondisi Visual (A) Setelah polish (B) Coating HVOF.....	43
Gambar 3. 5 Parameter tegangan yang digunakan.....	44
Gambar 3. 6 Proses pelapisan EPD.....	45
Gambar 3. 7 Parameter heating step sintering	46
Gambar 4. 1 Suspensi YSZ (A) Doping Fe ₂ O ₃ (B) Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	53
Gambar 4. 2 Grafik shear rate vs viskositas doping (a) Fe ₂ O ₃ (b) Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	55
Gambar 4. 3 Substrat setelah coating.....	57
Gambar 4. 4 Sampel setelah coating EPD	59
Gambar 4. 5 kondisi visual hasil pengujian porositas (A) Single layer doping Fe ₂ O ₃ (B) Single Layer doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ (C) Double Layer doping Fe ₂ O ₃ (D) Double Layer doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	62
Gambar 4. 6 Grafik kekerasan vs porositas (A) Single layer (B) Double layer ...	63
Gambar 4. 7 Lapisan (a) YSZ Doping Fe ₂ O ₃ (b) YSZ Doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ (c)YSZ/NiCrMo Doping Fe ₂ O ₃ (d) YSZ/NiCrMo Doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	64
Gambar 4. 8 Morfologi penampang melintang (a) YSZ Doping Fe ₂ O ₃ (b) YSZ Doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ (c) YSZ/NiCrMo Doping Fe ₂ O ₃ (d) YSZ/NiCrMo Doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	67
Gambar 4. 9 Pemetaan penampang melintang lapisan single layer doping Fe ₂ O ₃	68
Gambar 4. 10 Lapisan single layer doping Fe ₂ O ₃ dalam area TGO	69
Gambar 4. 11 Pemetaan penampang melintang lapisan single layer doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	71
Gambar 4. 12 Lapisan single layer doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ dalam area TGO	71
Gambar 4. 13 Pemetaan penampang melintang lapisan double layer doping Fe ₂ O ₃	73
Gambar 4. 14 Lapisan Double layer doping Fe ₂ O ₃ dalam area TGO	74
Gambar 4. 15 Pemetaan penampang melintang lapisan double layer doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	75
Gambar 4. 16 Lapisan Double layer doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ dalam area TGO	76
Gambar 4. 17 Pola XRD lapisan (a) YSZ doping Fe ₂ O ₃ dan doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ (b) YSZ/NiCrMo doping Fe ₂ O ₃ dan doping Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Inconel 625	8
Tabel 3. 1 Timeline waktu penelitian	34
Tabel 3. 2 Peralatan Penelitian.....	35
Tabel 3. 3 Bahan Penelitian	39
Tabel 3. 4 Komposisi Suspensi EPD dengan Doping Al_2O_3	40
Tabel 3. 5 Komposisi Suspensi EPD tanpa Doping Al_2O_3	41
Tabel 4. 1 Analisis komposisi lapisan YSZ Doping Fe_2O_3	69
Tabel 4. 2 Analisis komposisi lapisan YSZ Doping $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$	72
Tabel 4. 3 Analisis komposisi lapisan YSZ/NiCrMo Doping Fe_2O_3	74
Tabel 4. 4 Analisis komposisi lapisan YSZ/NiCrMo Doping $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$	76
Tabel 4. 5 Kuantifikasi fasa monoklinik dan tetragonal ZrO_2	77

DAFTAR SINGKATAN

YSZ = *Yttrium stabilized zirconia*

XRD = *X-ray diffraction*

FESEM = *Field emission-scanning electron microscope*

EPD = *Electrophoretic deposition*

TBC = *Thermal barrier coating*