



**PENGARUH TEKANAN UDARA DAN SPRAY ANGLE PELAPISAN
 Al_2O_3 PADA BAJA ST41 MENGGUNAKAN METODE
FLAME SPRAY COATING**

SKRIPSI

Oleh :

Bobig Arga Bimantara

151910101025

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PENGARUH TEKANAN UDARA DAN SPRAY ANGLE PELAPISAN
Al₂O₃ PADA BAJA ST41 MENGGUNAKAN METODE
FLAME SPRAY COATING**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan program studi teknik mesin (S1)
dan mencapai gelar sarjana teknik

Oleh :

Bobig Arga Bimantara

151910101025

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa dan atas dukungan dan do'a dari orang – orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya khaturkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada:

1. Tuhan YME, karena hanya atas izin dan karuniaNya maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai pada waktunya. Puji syukur yang tak terhingga pada Tuhan penguasa alam yang meridhoi dan mengabulkan segala do'a.
2. Bapak dan Ibu saya, yang telah memberikan dukungan moral maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusuk selain do'a yang terucap dari orang tua. Ucapan terimakasih saja takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan orang tua, karena itu terimalah persembaha bakti dan cinta ku untuk kalian bapak ibuku.
3. Bapak Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T. dan Dosen pembimbing, penguji Serta pengajar, yang selama ini telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran yang tiada ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik. Terimakasih banyak Bapak dan Ibu dosen, jasa kalian akan selalu terpatri di hati.
4. Adikku tersayang Dio Rico Novernando yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, senyum, canda tawa dan do'anya untuk keberhasilan ini,
5. Sahabat dan Teman Tersayang, terimakasih untuk canda tawa, tangis, dan perjuangan yang kita lewati bersama dan terimakasih untuk kenangan manis yang telah mengukir selama ini.

Terimakasih yang sebesar-besarnya untuk kalian semua, akhir kata saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua, orang-orang yang saya sayangi. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang, Aamiin.

MOTTO

“Massa depanmu tergantung dari apa yang kamu lakukan sekarang, diam tidak melakukan apa-apa atau bangkit dan melampauinya”

-Bobig Arga B-

Jangan mudah puas dengan apa yang kamu raih, tetapi bersyukurlah

-Bobig Arga B-

Study while other are sleeping, work while other are loafing, Prepare while other are playing and dream while other are wishing

-Wiliam Arthur Ward-

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lain”

(HR. Ahmad)

Dan janganlah engkau berputus asa dari rahmatnya allah, sesungguhnya tidak ada berputus asa dari rahmat allah kecuali kaum yang kafir

(Q.S Yusuf : 87)

Bersyukurilah, niscaya aku (allah) akan menambah nikmat kepadamu dan jika kamu Kufur ingatlah azab allah sangatlah berat

(QS Ibrahim : 7)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bobig Arga Bimantara

NIM : 151910101025

Dengan Ini Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Tekanan Udara dan *Spray Angle* Pelapisan Al_2O_3 (Aluminum Oksida) pada Baja ST41 menggunakan Metode *Flame Spray Coating*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 Juli 2019

Yang menyatakan,

(Bobig Arga Bimantara)

NIM 151910101025

SKRIPSI

**PENGARUH TEKANAN UDARA DAN SPRAY ANGLE PELAPISAN
Al₂O₃ PADA BAJA ST41 MENGGUNAKAN METODE
FLAME SPRAY COATING**

Oleh

Bobig Arga Bimantara

NIM 151910101025

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Tekanan Udara dan *Spray Angle* Pelapisan Al_2O_3 pada Baja ST41 menggunakan Metode *Flame Spray Coating*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : 9 Oktober 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.

NIP. 19751006 200212 1 002

NIP. 19680617 199501 1 001

Tim Penguji

Penguji I,

Penguji II,

Sumarji, S.T., M.T.

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

NIP. 19680202 199702 1 001

NIP. 19650120 200112 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP. 196612151995032001

RINGKASAN

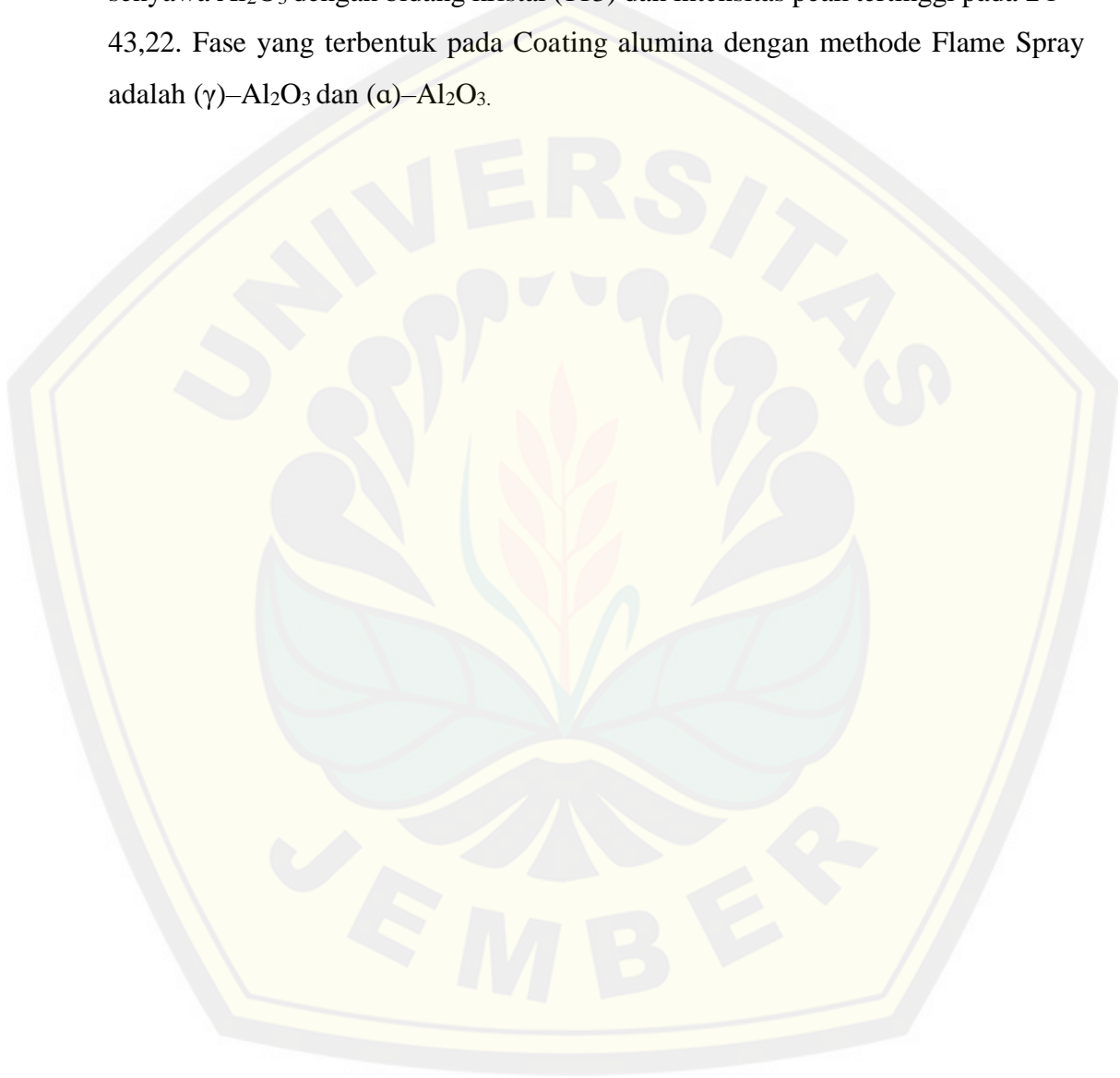
Pengaruh Tekanan Udara dan Spray Angle Pelapisan Al_2O_3 pada Baja ST41 menggunakan Metode Flame Spray Coating; Bobig Arga Bimantara, 151910101025; 2019:76 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Teknologi *Flame Spray* merupakan pelapisan material dengan memanfaatkan energi panas dan kinetik. Energi panas digunakan untuk memanaskan serbuk atau kawat dan energi kinetik digunakan untuk mendorong partikel yang disemprotkan menuju substrat. Partikel yang telah terdeposisi pada bagian permukaan substrat, kemudian mengalami pendinginan yang membentuk struktur berupa lapisan. Pelapisan Dengan metode *Flame Spray* dapat meningkatkan sifat permukaan dari benda yang akan dilapisinya seperti ketahanan terhadap erosi, kavitasi, korosi, abrasi, ketahanan panas, memperpanjang umur komponen baru atau untuk memperbaiki dan merekayasa ulang komponen yang aus atau rusak.

Pada penelitian ini dilakukan Tekanan udara dan *Spray Angle* Terhadap Hasil Pelapisan Aluminum Oksida (Al_2O_3) dengan metode *Flame Spray*. Pengujian dalam penelitian ini meliputi, uji Pull Of Strength, pengamatan struktur mikro dan pengamatan SEM (Scanning Electron Microscop) serta Analisa dengan XRD (X-Ray Diffraction). Dari hasil penelitian ini diharapkan terjadi pelapisan dan ikatan yang baik antara serbuk Al_2O_3 Pada substrate Baja ST41.

Hasil penelitian menunjukkan Material Al_2O_3 , telah sukses terdeposisi pada substrate Baja ST41. Nilai Pull Of Strength terbesar ditunjukkan pada variasi tekanan 1 bar dengan sudut 90° dengan nilai rata-rata sebesar 9,64 MPa. Sedangkan nilai Pull Of Strength terendah pada variasi tekanan 0,5 bar dengan sudut 45° dengan nilai rata-rata sebesar 5,19 MPa.

Hasil pengamatan SEM (Scanning Electron Microscope) yang telah dilakukan pada tekanan 1 bar dengan Spray Angel 90° terlihat sedikit porositasnya dimana *splat* yang terbentuk semakin halus dan sedikit partikel dalam kondisi *unmelted*. Pengujian XRD pada tekanan 0,5 bar dan 1 bar telah menunjukkan hasil senyawa Al_2O_3 dengan bidang kristal (113) dan intensitas peak tertinggi pada $2\theta = 43,22$. Fase yang terbentuk pada Coating alumina dengan metode Flame Spray adalah $(\gamma)\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan $(\alpha)\text{-Al}_2\text{O}_3$.



SUMMARY

Effect of Gas Pressure and Spray Angle Particel Al_2O_3 on ST41 Steel Using Flame Spray Coating Method; Bobig Arga Bimantara, 151910101025; 2019:76 Halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Flame Spray technology is a material coating by utilizing heat and kinetic energy. Thermal energy is used to heat the powder or wire and kinetic energy is used to push particles towards the substrate. Particles that have been deposited on the surface of the substrate, and the particle cooling forms a layer structure. Coating using Flame Spray method can improve the surface properties of objects to be coated such as resistance to erosion, cavitation, corrosion, abrasion, heat resistance, extend the life of new components or to repair and recontruction components that are worn or damaged

In this research, air pressure and spray angle were carried out on the results of aluminum oxide coating (Al_2O_3) using the Flame Spray method. Tests in this study include Pull Of Strength, microstructure observation, SEM (Scanning Electron Microscop) and Analysis with XRD (X-Ray Diffraction). From the results of this study it is expected that a good coating and bonding occurs between Al_2O_3 powder in the ST41 Steel substrate.

The results showed that Al_2O_3 Material has been successfully deposited on the ST41 Steel substrate. The greatest Pull Of Strength value is shown in the variation of 1 bar pressure at an angle of 90° with an average value of 9.64 MPa. The lowest Pull Of Strength value is at a pressure variation of 0.5 bar with an angle of 45° with an average value of 5.19 Mpa

From the results of SEM (Scanning Electron Microscope) which has been done at a pressure of 1 bar with Spray Angel 90° , it looks lower porosity where the splat formed is getting smoother and lower particles are in unmelted conditions. XRD testing at a pressure of 0.5 bar and 1 bar has shown the results of the Al_2O_3 compound with the crystal field (113) and the highest peak intensity at $2\theta = 43.22$.

The phases formed in the alumina coating using the Flame Spray method are (γ) - Al_2O_3 and (α) - Al_2O_3



PRAKATA

Puji syukur atas ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Tekanan Udara dan Spray Angle Pelapisan Al₂O₃ (Aluminum Oksida) pada Baja ST41 menggunakan Metode Flame Spray Coating. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Strata 1 (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Jember

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.T
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Hari Arbiantara Basuki S.T., M.T.
3. Dr Salahudin Junus S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Utama dan Ir. Digdo Listyadi Selaku dosen pembimbing Anggota Atas atas kesabaran, waktu, pikiran, dorongan, Motivasi, perhatian, dan saran kepada penulis selama menulis skripsi
4. Bapak Larasanto, Bapak dedik dan seluruh Staf di CV Cipta Agung
5. Kedua orang tua saya Kohiri dan Sugiyanti yang telah mmberikan dukungan motivasi dan kasih sayang tiada henti
6. Adikku tercinta Deo rico novernando
7. Bapak Hj Ahamd Taufik dan keluarga atas segala dukungan yang tak ternilai harganya
8. Tim research Magnified 2014 afini,purnama, wira, verizal(sinchan),ableh, andre, Adit, Firman, Fuad, Akib, Joko, Ghozian
9. Tim Research Magnified 2015 danang Indra, Yoga, Fadea, Suci
10. Sahabatku suci dan Fikri serta Alik yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi semoga allah membalas kebaikan kalian.
11. Teman Seperjuangan yang tidak akan selalu bersahabat Wahyu, Gary, ivan, prayogi(gote), Bobi

12. Metalurgi 2015 visar, dhani, tohirun, wafi, fadea, debi, nafi, feri, bahtiar, rifad, wahid, Azmi, Bogas
13. Dulur teknik mesin 2015 semoga persaudaraan ini tetap terjaga hingga akhir waktu “**SOLIDARITY FOREVER**“.
14. Mas Abduh S.T dan adik-adikku Asisten Lab Uji Material silvi, Ali, Haris, vito, Adit, ashary
15. Seluruh jamaah Masjid Baiturohmantegal gede atas dukungan spiritualnya
16. Teman sekamar wisma tamu Prass, Edi, Ramadhoni, Bima yang telah mendengarkan cerita suka dan duka Bersama
17. Seluruh Pegawai Fakultas Teknik universitas Jember
18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan

Jember, 23 Juli 2019

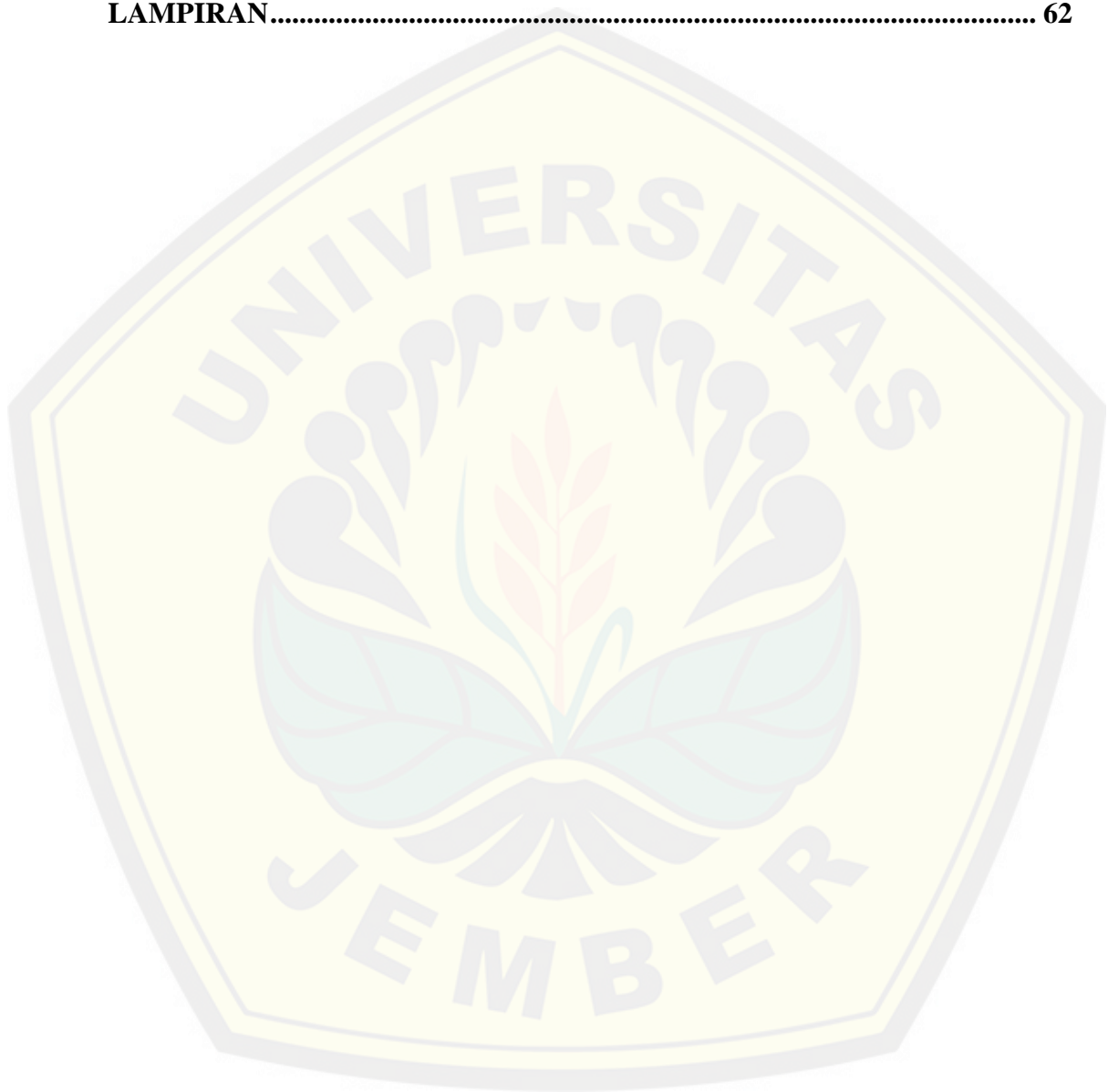
Penulis

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
Halaman	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Hipotesa	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pelapisan (Coating)	3
2.2 Thermal Spray coating	6
2.2.1 High Velocity Oxygen Fuel (HVOF).....	8
2.2.2 Flame Spray	9
2.3 Bahan Flame Spray	11
2.3.1 Aluminium Oxida (Al_2O_3).....	13
2.4 Substrat	14
2.4.1 Mild Steel.....	14

2.5 Bonding Mechanism	
2.6 Pengujian	
2.6.1 <i>Pull Off Strength</i>	19
2.6.2 SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	20
2.6.3 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	21
2.6.4 Pengamatan Struktur Mikro	22
2.7 Aplikasi Thermal Spray.....	24
2.7.1 <i>Thermal Barrier</i>	25
2.7.2 Wear Resistance	26
2.7.3 <i>Hot corrosion Resistance</i>	27
2.8 Diagram Fishbone	28
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN	29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.2 Alat	29
3.3 Bahan	29
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1 Proses persiapan substrate.....	30
3.4.2 Proses pelapisan Auminum Oxide pada substrate	30
3.5 Pengujian	32
3.5.1 Pull Of Test	32
3.5.2 Struktur mikro	32
3.5.3 SEM.....	33
3.5.4 XRD	34
3.6 Diagram Alir	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Grit Blasting	36
4.2 Hasil Pengujian <i>Pull Of Strength</i>	39
4.2.1 Pengaruh <i>Spray Angel</i>	39
4.2.2 Pengaruh Tekanan.....	42
4.3 Struktur Mikro.....	45
4.4 Scanning Electron Mcroscopy (SEM).....	46
4.4.1 Pengamatan Cross Section dan Uji Ketebalan Lapisan	51

4.5 X-ray diffraction (XRD)	
BAB V PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	58
LAMPIRAN.....	62

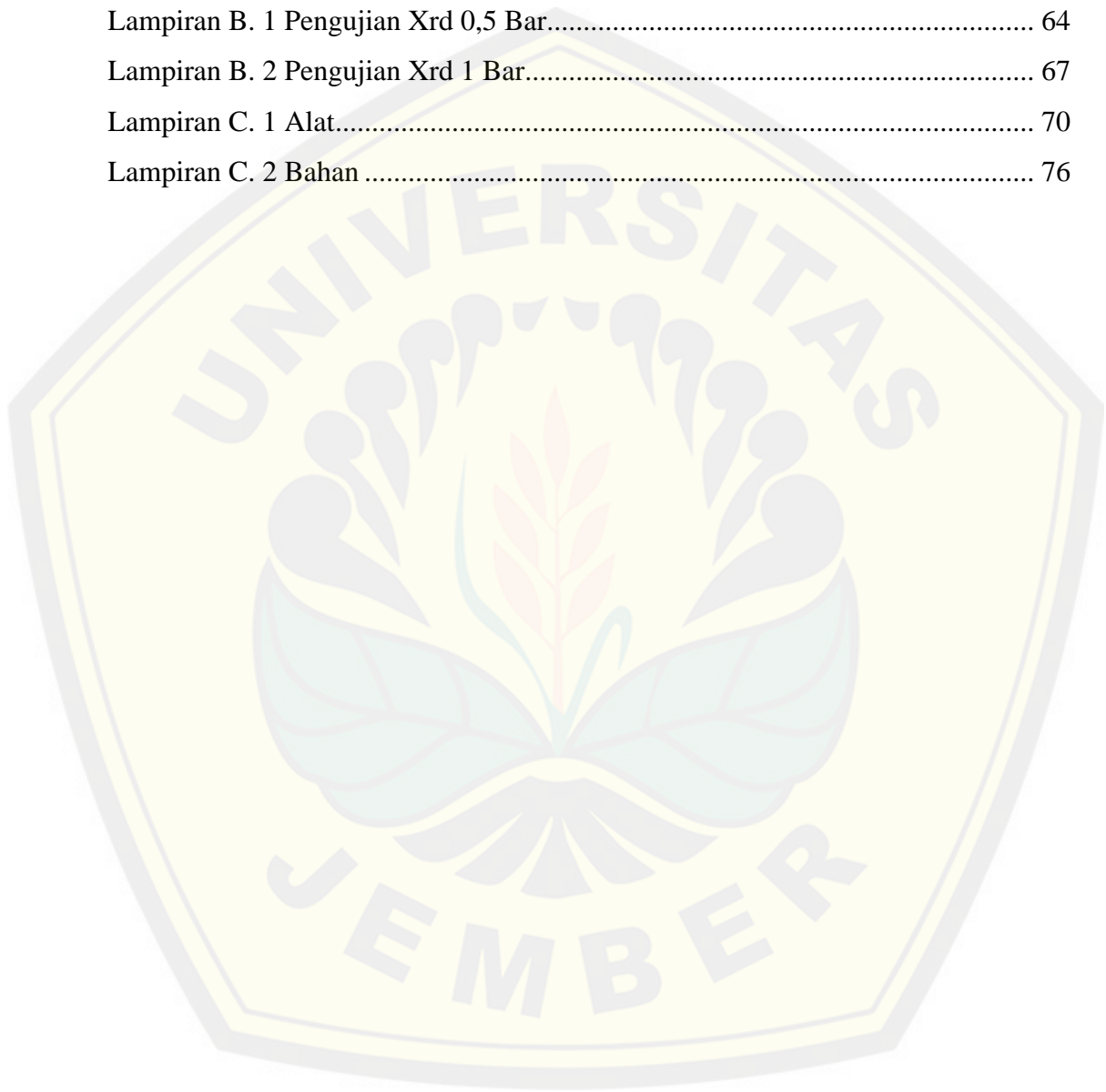


DAFTAR TABEL

	Halaman
2. 1 Perbandingan proses <i>Thermal Spray Coating</i> dan karakterisasi lapisan	7
2. 2 Serbuk dan Bahan baku Thermal Spray	7
2. 3 Sifat Fisik Al ₂ O ₃	14
2. 4 ST 41 steel Chemical analysis.....	15
2. 5 ST 41 steel Mechanical properties	15
2. 6 Aplikasi <i>Thermal Spray</i>	24
4. 1 Data Pengujian Pull Of Test.....	40
4. 2 Data pengujian <i>pull of test</i>	43
4. 3 Grafik Pengujian <i>Pull Of Test</i>	43
4. 4 JCPDS No 46-1212	55
4. 5 Hasil karakterisasi XRD sudut 5-60°	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Spesifikasi Bahan Substrat	62
Lampiran A. 2 Spesifikasi Serbuk Alumina	63
Lampiran B. 1 Pengujian Xrd 0,5 Bar.....	64
Lampiran B. 2 Pengujian Xrd 1 Bar.....	67
Lampiran C. 1 Alat.....	70
Lampiran C. 2 Bahan	76



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2. 1 Prinsip Dasar Thermal Spray	6
2. 2 Lapisan Hasil Thermal Spray.....	8
2. 3 Prinsip kerja powder <i>flame spray</i>	9
2. 4 Cross section (penampang melintang) hasil pelapisan.....	10
2. 5 Perbandingan suhu dan kecepatan pada proses <i>Thermal Spray</i>	11
2. 6 Fabrikasi Serbuk Thermal Spray.....	11
2. 7 Struktur SEM a) Alumunium b) Alumina.....	12
2. 8 Metode produksi bubuk dan klasifikasinya	12
2. 9 Struktur Atom Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	13
2. 10 Diagram Fe ₃ C	16
2. 11 ikatan (bonding) powder pada substrat	17
2. 12 Impact dari partikel Cu pada substrate Aluminium	18
2. 13 Scanning electron micrographs	18
2. 14 Alat uji Pull of test dan pengujiannya	19
2. 15 Pengujian blok digram SEM	20
2. 16 Hasil pengamatan XRD nanopartikel alumina.....	21
2. 17 Pengaruh Etsa pada Permukaan Spesimen.....	23
2. 18 Pantulan Sinar pada Pengamatan Metalografi	24
2. 19 Aplikasi penggunaan Thermal spray pada Turbin dan otomotif.....	25
2. 20 Cylinder liner	27
2. 21 Superheated Boiler.....	27
2. 22 Diagram fishbone	28
3. 1 Skema dan gambar Flame spray	31
3. 2 Pull of Test Adhesion Tester.....	32
3. 3 Mikroskop optic Olympus BX41M	33
3. 4 Pengujian SEM.....	34
3.5 Mesin XRD (X-ray Diffraction).....	34
3. 6 Diagram Alir Penelitian	35

4. 1 Substate Grade A sebelum diblasting	36
4. 2 hasil Grit Blasting dan Uji kekasaran Permukaan.....	37
4. 3 Perbandingan hasil Coating pada substrate yang berbeda	38
4. 4 pengamatan secara visual standart	38
4. 5 Pengujian Pull Of Test: a) sebelum diuji b) setelah diuji.....	39
4. 6 Pemodelan hasil coating dengan sudut yang berbeda.....	40
4. 7 Pemodelan hasil deposisi Thrmal Spray	42
4. 8 Kecepatan partikel yang menumbuk pada Substrat	44
4. 9 Pengamatan menggunakan Mikroskop Optik	45
4. 10 Pengujian SEM pada tekanan 1 bar	48
4. 11 Hasil lapisan coating	49
4. 13 Kondisi patikel selama proses deposisi.....	50
4. 14 Hasil pengujian SEM pada Cross Section.....	52
4. 15 Hasil Struktur lamellar proses Thermal Spray	52
4. 18 Perbandingan Data JCPDS, A) Pengujian 1 bar, B) 0,5 bar	56
4. 19 Simulasi Struktur kristal dengan Software Vesta.....	57

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Oksidasi merupakan suatu permasalahan sejak dahulu dan sangat merugikan baik di dunia otomotif, industri, maupun rumah tangga, terdapat banyak komponen-komponen mesin yang telah mengalami oksidasi. Proses oksidasi logam dapat dijumpai seperti pada pengeboran minyak, knalpot kendaraan bermotor dan komponen pesawat jet yang beroperasi pada temperatur tinggi sehingga berpengaruh terhadap umur pakai komponen tersebut. Perkembangan sektor industri yang begitu pesat dan penggunaan komponen pada operasi suhu yang tinggi dalam bidang otomotif, petrokimia, pembangkit energi dan lainnya memerlukan inovasi dalam pemilihan bahan dan teknologi sehingga dapat meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, melindungi dari temperatur tinggi dan korosi (Champagne, 2007).

Teknologi pelapisan material saat ini telah menjadi perhatian besar di lingkungan para penelitian dan industri dikarenakan merupakan cara yang efektif dengan biaya yang ekonomis dalam melindungi dari keausan, oksidasi, korosi, atau kerusakan pada suhu tinggi. Pelapisan atau *coating* saat ini tidak hanya berfungsi sebagai pewarna atau sebagai pelindung dari produk korosi tetapi telah berkembang menjadi salah satu penguat dan pelindung material yang akan dilapisinya, salah satu contohnya adalah *Flame Spray*. Teknologi *Flame Spray* merupakan pelapisan material dengan memanfaatkan energi panas dan kinetik. Energi panas digunakan untuk memanaskan serbuk atau kawat dan energi kinetik digunakan untuk mendorong partikel yang disemprotkan menuju substrat. Partikel yang telah terdeposisi pada bagian permukaan substrat, kemudian mengalami pendinginan yang membentuk struktur berupa lapisan. Pelapisan Dengan metode *Flame Spray* dapat meningkatkan sifat permukaan dari benda yang akan dilapisinya seperti ketahanan terhadap erosi, kavitasi, korosi, abrasi, ketahanan panas, memperpanjang umur komponen baru atau untuk memperbaiki dan merekayasa ulang komponen yang aus atau rusak (Davis, 2004).

Aluminum Oksida (Al_2O_3) atau Alumina adalah senyawa kimia yang memiliki kelebihan yaitu wear resistance yang baik dan ketahanan pada temperatur tinggi. Temperatur *melting* dari alumina sekitar 2050°C , alumina merupakan material tahan panas, material ini lebih peka terhadap kejutan termal karena memiliki koefisien muai panas linear (coefficient thermal expansion) yang relatif tinggi. Dimana CTE (*Coefficient Thermal Expansion*) merupakan koefisien dari pertambahan temperatur terhadap regangan yang terjadi pada material. Dalam Aplikasinya Alumina dapat dijadikan sebagai coating pada logam dan *Reinforcement* pada komposit Aluminum Metal Matrix Composite (AMMC) karena memiliki kekerasan yang tinggi dan ringan (Junus dan Zulfia, 2016)

Aluminum Oksida merupakan material dengan *melting point* yang tinggi yaitu 2050°C . Menurut (Fauchais, 2015) untuk dapat melakukan coating maka material atau bahan harus dalam kondisi *semimelted* atau *melted*, sehingga untuk dapat mendeposisikan Al_2O_3 diperlukan temperatur yang tinggi. Penelitian yang telah dilakukan Ang dan Berndt, (2014) menjelaskan bahwa pelapisan Thermal spray dengan metode Flame Spray memiliki temperature 3200°C . Penelitian yang telah dilakukan tersebut, masih diperlukan inovasi mengenai pengaruh pelapisan Al_2O_3 dengan metode Flame Spray, karena Pada penelitian sebelumnya Thirumalaikumarasamy dkk., (2015) pelapisan Al_2O_3 pada AZ31B magnesium alloy dengan metode plasma spray menunjukkan peningkatan nilai kekerasan dengan menggunakan Vickers microhardness tester.

Pada penelitian ini dilakukan Tekanan udara dan *Spray Angle* Terhadap Hasil Pelapisan Aluminum Oksida (Al_2O_3) dengan metode *Flame Spray*. Pengujian dalam penelitian ini meliputi, uji Kuat lekat ikatan, pengamatan struktur mikro dan pengamatan SEM (Scanning Electron Microscop) dan XRD (X-Ray Diffraction). Dari hasil penelitian ini diharapkan terjadi pelapisan dan ikatan yang baik antara serbuk Al_2O_3 Pada substrate Baja ST41.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh Tekanan dan Spray angel terhadap hasil uji *Pull of Strength* dengan metode *Flame Spray coating*?
2. Bagaimana Pengaruh Tekanan dan Spray angel terhadap hasil Pelapisan dengan metode *Flame Spray coating*?
3. Bagaimana Struktur morfologi yang terbentuk pada pelapisan Al_2O_3 dengan metode *Flame Spray coating*?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mempermudah menganalisa permasalahan dan memperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan maka diperlukan Ruang lingkup. Pada penelitian ini ruang lingkup yang digunakan adalah :

1. Serbuk Al_2O_3 yang digunakan berukuran 50 Mikron penelitian
2. Tidak mengukur Temperatur *Flame Spray* pada saat pelapisan
3. Jarak Nozzle dengan substrat diasumsikan sama
4. Penyemprotan dilakukan selama 1 menit
5. Laju aliran serbuk pada proses pelapisan diasumsikan seragam dan konstan
6. Pengujian struktur morfologi dilakukan dengan SEM
7. Kekasaran permukaan pada hasil proses *Grit Blasting* Sebesar $9 \mu m$

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui Pengaruh Tekanan (0,5 Bar,1 Bar) dan Spray Angle ($45^\circ, 90^\circ$) terhadap uji *Pull Of Test* pada hasil Pelapisan Partikel Al_2O_3 terhadap Baja ST41 dengan metode *Flame Spray coating*.
2. Mengetahui Pengaruh Tekanan (0,5 Bar dan 1 Bar terhadap hasil uji

Struktur mikro pada hasil Pelapisan Partikel Al_2O_3 terhadap Baja ST41 dengan metode *Flame Spray coating*.

3. Mengetahui Pengaruh Tekanan 0,5 Bar, 1 Bar) terhadap uji SEM (*Scanning Elektron Mikroscope*) pada pelapisan partikel Al_2O_3 terhadap Baja ST41 dengan metode *Flame Spray coating*.
4. Mengetahui Pengaruh Tekanan 0,5 Bar dan 1 Bar terhadap uji XRD (*X-ray Diffraction*) pada pelapisan partikel Al_2O_3 terhadap Baja ST41 dengan metode *Flame Spray coating*.

1.5 Manfaat

1. Mengetahui sifat mekanik dari hasil bahan yang telah dilapisi dengan metode *Flame Spray coating*
2. Memberikan informasi Pengaruh variasi Tekanan dan Sudut pelapisan Al_2O_3 terhadap struktur mikro dengan metode *Flame Spray coating*
3. Memberikan informasi Pengaruh variasi Tekanan terhadap hasil struktur morfologi ikatan yang telah dilapisi dengan metode *Flame Spray coating*

1.6 Hipotesa

Pada penelitian yang dilakukan, diperoleh hipotesa bahwa Semakin tinggi Tekanan penyemprotan dengan metode *Flame Spray coating*, maka akan terjadi ikatan adhesi antara substrate dengan serbuk dan mengurangi porositas

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelapisan (Coating)

Sejak penemuan Alat *Flame Torch* pertama kali oleh Dr Schoop di Swiss pada tahun 1910 teknologi *Thermal spray* telah berkembang pesat terutama pada tahun 1990an-sekarang (Li dkk., 2003). Hal tersebut dikarenakan keuntungan dan manfaat yang dihasilkan oleh metode ini, diantaranya

1. Lapisan *coating* dapat diperoleh dari berbagai bahan logam, keramik, *ceramic metal* dll.
2. Pelapisan dapat digunakan sebagai proteksi dan peningkatan sifat mekanik dan kimia material.
3. Operasi yang fleksibel dan mudah. Penyemprotan dapat dilakukan pada benda dengan berbagai bentuk dan ukuran.
4. Ketebalan lapisan mulai dari ukuran mikron hingga millimeter.
5. Peningkatan umur pakai benda kerja setelah proses pelapisan.

Coating atau pelapisan sendiri merupakan suatu proses pelapisan yang diterapkan pada suatu benda atau substrat. *Coating* bertujuan untuk meningkatkan sifat permukaan dari benda yang akan dilapisi. Sifat permukaan tersebut diharapkan dapat ditambah dalam beberapa hal seperti penampilan, ketahanan terhadap air atau korosi, ketahanan dari aus atau bahkan dapat meningkatkan kekerasannya. Dengan tujuan tersebut, maka proses coating diharapkan dapat menambah daya tahan peralatan atau mesin pada dunia industri, atau bahkan dapat membantu proses industri untuk dapat bekerja dengan lebih baik dan memiliki umur pakai yang lebih lama, serta biaya ekonomis (Grainger, 1998).

Thermal Spray Coating

Thermal Spray adalah teknologi pelapisan yang berfungsi untuk memperbaiki atau mengembalikan permukaan material padat. Proses ini dapat digunakan untuk mengaplikasikan pelapis ke berbagai bahan dan komponen, untuk memberikan ketahanan terhadap: Kenakan, erosi, kavitasi, korosi, abrasi atau panas. *Thermal Spray* juga digunakan pada konduktivitas listrik atau insulasi, pelumasan, gesekan tinggi atau rendah, ketahanan kimia dan sifat permukaan yang diinginkan lainnya. Penyemprotan termal secara luas digunakan di banyak industri sebagai metode yang menguntungkan, karena memiliki manfaat yang sangat besar untuk memperpanjang umur komponen baru atau untuk memperbaiki dan merekayasa ulang komponen yang aus atau rusak (Davis, 2004).



Gambar 2. 1 Prinsip Dasar Thermal Spray (ASM Thermal Spray, 2004)

Pada gambar 2.1 Dijelaskan bahwa material berupa *Ceramic, molybdenum, Tungsten Carbides, copper, nickel alloy, Stainless Steel* dll, dipanaskan pada suhu tertentu kemudian disemprotkan dengan udara bertekanan menuju substrat. Pada saat partikel cair hasil semprotan tadi mengenai bagian permukaan substrat, partikel tersebut kemudian mengalami pendinginan yang membentuk struktur berupa lapisan (*lamellar*), dengan demikian akan membentuk lapisan atau endapan hasil spray. Proses pelapisan dengan metode *Thermal spray coating* mudah digunakan, biaya operasi lebih kecil, dan dapat meningkatkan kinerja dan umur pakai komponen (Dewi, 2009). *Thermal Spray* dapat dikategorikan menjadi beberapa proses

1. *Powder flame spray*
2. *Wire arc spray*
3. *Plasma Spray*
4. *High velocity oxyfuel (HVOF)*

Proses pelapisan dengan metode *Thermal Spray* digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi dan aus, kekerasan, perlindungan pada suhu yang tinggi (*Thermal barrier*) dan bahan kimia. Peningkatan sifat-sifat tersebut tergantung dari jenis bahan dan alat yang dipakai.

Tabel 2. 1 Perbandingan proses *Thermal Spray Coating* dan karakterisasi lapisan

Teknik Thermal Spray	Kecepatan Partikel (m/S)	Porositas (%)	Tebal Lapisan (mm)
Flame Spray	40	10-15 %	0,2-10
Wire Arc	100	10-20 %	0,2-10
Plasma Spray	200-300	1-3 %	0,2-2
High Velocity Oksigen Fuel (HVOF)	600- 1000	1-2 %	0,2-2

(Sumber : Dewi, 2009)

Tabel 2. 2 Serbuk dan Bahan baku Thermal Spray

Powder/Wire Types	Material Types			
Self-Fluxing Powders	cobalt base		nickel base	
Abradable Powders	Al base	Cobalt base	Copper Base	Nickel base
Ceramic Powder	Al Oxide	Chrome oxide	Titanium oxide	Zirconium Oxide

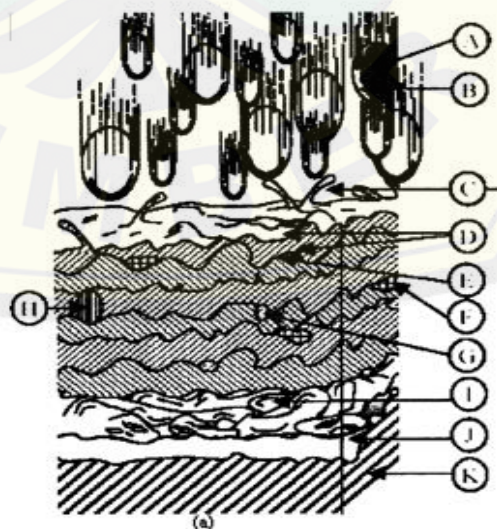
Metal Alloy					
Powders	Al base	Co base	Cu	Mo base	Ni Base
Carbide Powders	chrome carbide		Tungsten carbide		
Arc Wires	pure material	Al base	Cu	Nickel base	Tin base
Combustion Wires	pure material	Al base	Cu	Ni base	Tin base

(sumber: krepski dan staff, 1993)

Perbedaan tingkat porositas dan jumlah inklusi oksida pada hasil lapisan akhir merupakan pengaruh dari kecepatan partikel cair dan faktor lingkungan, udara dan gas inert. Secara khusus lapisan yang kondisinya akan menempel dan terikat pada substrat dengan ikatan mekanik (*mechanical interlocks*) (Dewi, 2009).

2.2.1 High Velocity Oxygen Fuel (HVOF)

Proses Pelapisan pada metode *High Velocity Oxygen Fuel* menggunakan energi kinetik dari tekanan gas yang tinggi dan panas yang terkontrol sehingga menghasilkan lapisan dengan ikatan yang tinggi dan rendah porositas. Pada metode ini Serbuk diinjeksikan ke dalam nosel dengan gas pembakaran (kerosin, Propylene, propane, hydrogen). Gas-gas tersebut melewati nosel dengan kecepatan tinggi dan berpenetrasi ke permukaan substrate (Dewi, 2009)



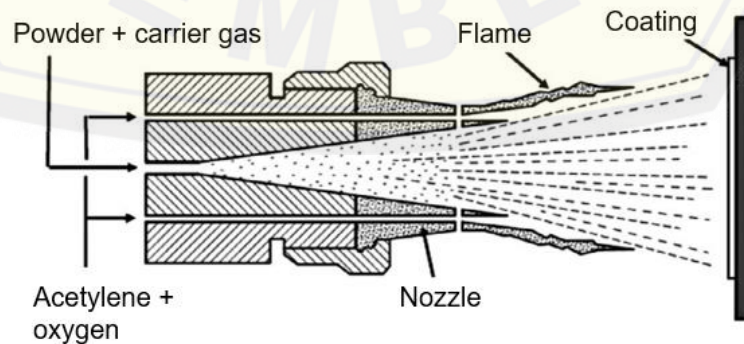
Gambar 2. 2 Lapisan Hasil Thermal Spray (Dewi, 2009)

Keterangan:

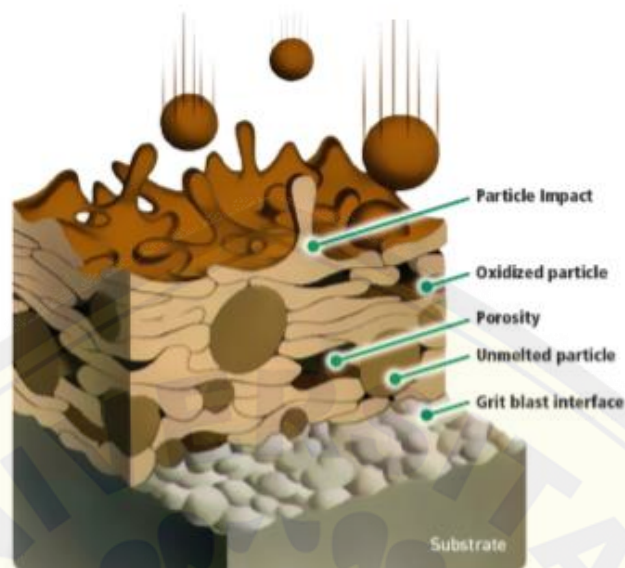
- a) Bagian partikel dalam bentuk liquid
- b) Lapisan oksida yang terbentuk
- c) Endapan Partikel bentuk percikan
- d) Pembentukan oksida pada permukaan lapisan
- e) Adhesi antar dua lapisan
- f) Paduan dari dua partikel
- g) Partikel yang tidak mengalami peleburan
- h) Porositas yang terjadi
- i) Lamel yang membentuk lapisan sendiri
- j) Lapisan yang dengan substrat
- k) Substrat

2.2.2 Flame Spray

Flame Spray merupakan proses deposisi material dengan menggunakan gas asetilen dan oksigen yang dicampur dengan perbandingan sedemikian rupa sehingga terjadi nyala api, pada saat proses timbul nyala api pembakaran, serbuk diinjeksikan pada *powder feeder* kemudian akan didorong menuju substrat oleh udara bertekanan. Pada saat partikel cair hasil semprotan tadi mengenai bagian permukaan substrat, partikel tersebut kemudian mengalami pendinginan yang membentuk struktur berupa lapisan (*lamellar*), dengan demikian akan membentuk lapisan atau endapan hasil spray Gambar 2.3 prinsip kerja *powder flame spray*.



Gambar 2. 3 Prinsip kerja *powder flame spray* (Fauchais, 2010)

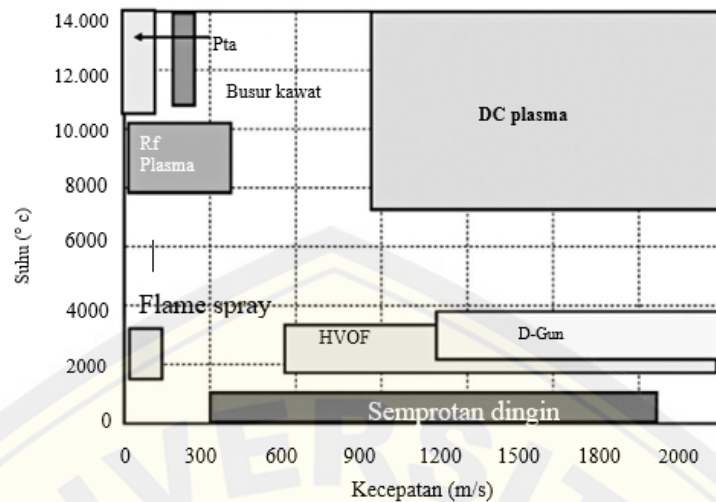


Gambar 2. 4 Cross section (penampang melintang) hasil pelapisan (Tucker, 2018)

Pelapisan dengan metode Flame Spray dapat ditingkatkan dengan serangkaian parameter tertentu yang terkait dengan penerapannya di masa depan, seperti ketahanan aus, isolasi panas, tahanan listrik, dll. Parameter tersebut sangat tergantung pada bahan serbuk dan proses penyemprotan. Proses tersebut dapat dilakukan dengan memodifikasi sifat-sifat bahan awal selama deposisi partikel serbuk pada substrat. Sifat dari bahan material sangat mempengaruhi kualitas pelapisan, oleh karena itu serbuk harus dikarakterisasi dengan sangat optimal.

Sifat sifat pelapisan dengan flame spray:

1. Bahan baku: Serbuk dan Wire
2. Pembakaran : Combustion of fuel dan oxygen
3. Bahan Bakar : propane, hydrogen, acetylene
4. Flame temperatur $< 3.200\text{ }^{\circ}\text{C}$
5. Flame velocity : low
6. Particle velocity $\pm 50\text{ m/s}$



Gambar 2. 5 Perbandingan suhu dan kecepatan pada proses *Thermal Spray* (Fauchais, 2015)

2.2 Bahan Flame Spray

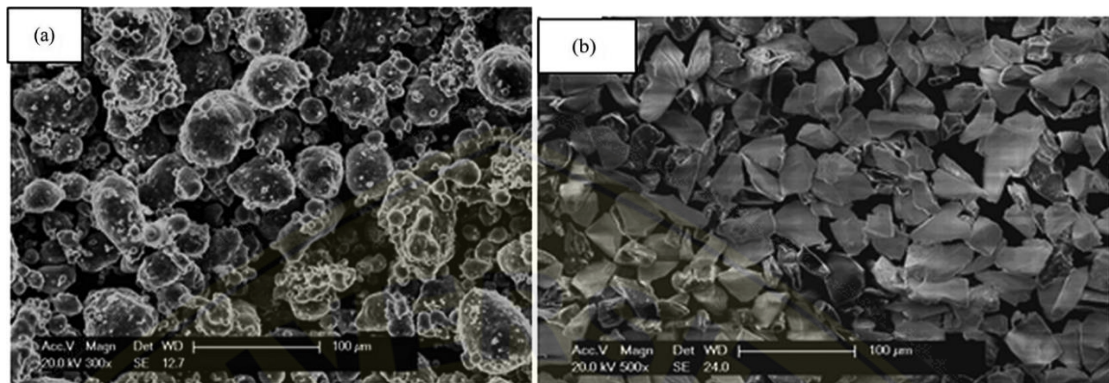
Bahan yang digunakan untuk proses pelapisan berukuran 1- 50 micron. Ukuran partikel, sifat kimia dan sifat fisika dari bahan berpengaruh terhadap hasil pada saat proses deposisi pada substrat. Metode pembuatan serbuk ditunjukkan pada tabel campuran metode yang sudah digunakan

Tabel 2. 3 Fabrikasi Serbuk Thermal Spray

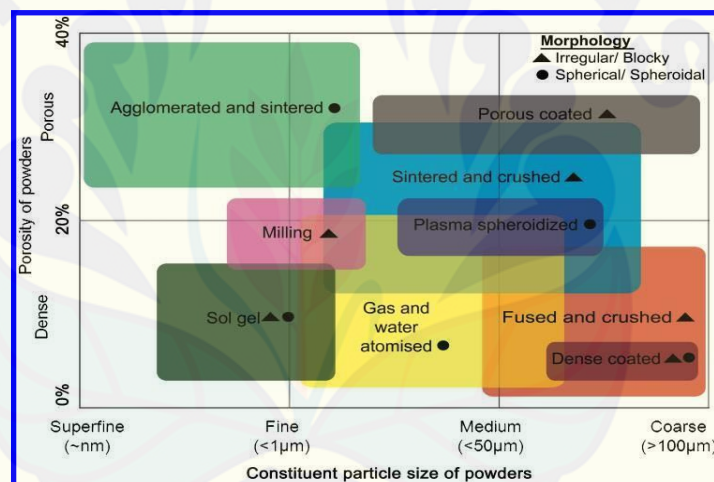
Logam dan Paduan	Keramik	komposit
<i>Atomization in vacuum</i>	<i>Sintering</i>	<i>Spray drying</i>
<i>Sintering</i>	<i>Spray drying</i>	<i>Ball mill crushing</i>
<i>Ball mill crushing</i>	<i>Sol-gel</i>	
	<i>Ball mill crushing</i>	

Keberagaman Struktur mikro yang terbentuk akan menentukan profil lapisan Thermal spray karena setiap splat yang terbentuk dapat dilihat sebagai dasar terbentuknya lapisan. Oleh karena itu Sangat penting dalam memilih bahan baku berkualitas baik untuk mendapatkan lapisan berkualitas tinggi yang sesuai (Pawlowski, 2008). Parameter untuk pelapisan Thermal spray yang harus

diperhatikan adalah komposisi kimia, distribusi ukuran partikel, bulk density, morfologi, dan ukuran butir.



Gambar 2. 6 Struktur SEM a) Alumunium b) Alumina (Huang, 2017)



Gambar 2. 7 Metode produksi bubuk dan klasifikasinya (Berndt, 2014)

Pada proses Thermal spray kandungan bahan serupa dengan komposisi kimia yang identik atau sama dapat memiliki hasil yang berbeda seperti. alumina atau tungsten karbida, dapat memiliki karakteristik khusus yang bergantung pada proses pembuatan serbuknya. Dibawah ini merupakan contoh serbuk yang sering digunakan untuk *Thermal spray*

1. Metals, Molybdenum or nickel
2. Oxide ceramics, Al_2O_3 , ZrO_2
3. Carbides, Cr_2C_3
4. Cermet, WC (Tungsten Carbida)

5. Composite AlSi
6. Aluminum
7. Wire/powder NiCr

Material Keramik menghasilkan permukaan yang baik untuk perlindungan dari oksidasi, abrasi, wear resistance, korosi suhu tinggi, atau sebagai isolasi thermal. Bahan keramik yang digunakan sebagai material *Thermal Spray* adalah Aluminium Oksida, Chromium Oksida, Titania, alumina-Titania, dan zirkonium (Dorfman, 2005)

2.3.1 Aluminium Oksida (Al_2O_3)

Aluminium oxide (Nama IUPAC) atau aluminium oxide (American English) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen dengan rumus kimia Al_2O_3 . secara khusus diidentifikasi sebagai aluminium (III) oksida. Al_2O_3 biasa disebut alumina dan juga dapat disebut aloksida, aloxite, atau alundum tergantung pada bentuk atau aplikasi tertentu. Hal ini terjadi secara alami dalam fase polimorfik kristalnya $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ sebagai mineral korundum, varietas yang membentuk batu permata mulia ruby dan safir.



Gambar 2. 8 Struktur Atom Aluminium Oksida (Al_2O_3) (Feret, 2000)

Al_2O_3 sangat penting dalam penggunaannya untuk menghasilkan logam aluminium, sebagai abrasif karena kekerasannya, dan sebagai bahan refraktori karena titik leburnya yang tinggi. Senyawa kimia aluminium yang bereaksi dengan oksigen dapat membentuk senyawa baru menjadi aluminium oksida dengan rumus

kimia Al_2O_3 atau sering disebut alumina. Pada umumnya alumina terdapat dalam bentuk kristalin yang disebut *corundum*. Meskipun ruby dan safir alami *corundum* disebut sebagai alumina, pada dasarnya alumina diartikan sebagai material yang berasal dari bauksit dan digunakan dalam produksi aluminium, industri keramik dan pengolahan kimia (Davis, 2004)

Tabel 2. 4 Sifat Fisik Al_2O_3

Properties	Alumina (99,9%) Al_2O_3 (<i>corundum</i>)
Komposisi	Al_2O_3 (<i>corundum</i>)
density,g/c.c.	3,9
Melting point,°C	2015
Thermal conductivity, J/kg.K	35,6
Hardness, HV, Kgf/mm ²	1500
Flexural strength,MPa	380
Tensile strength, MPa	262
Poisson's ratio	0,26
Young's modulus, GPa	370
Co-efficient of thermal expansion, $\mu\text{m}/\text{m}.\text{°C}$	7,1
Heat capacity, J/kg.K	880

(Sumber : ASM Handbook 1992)

2.3 Substrat

Kekerasan dan kebersihan substrat akan sangat mempengaruhi adhesi antara lapisan dan substrat. Hal ini dapat dijelaskan dalam akselerasi partikel, atau deposisi yang terjadi pada saat proses pelapisan partikel, Sifat mekanis dari substrat tidak hanya mempengaruhi kekuatan adhesi, tetapi juga sifat-sifat dari lapisan partikel. Substrat yang mempunyai bahan pengotor yang tinggi akan mempengaruhi deformasi lapisan pertama partikel yang dideposisi, sehingga mempengaruhi kohesi antara lapisan pertama dan berikutnya (Yin dkk, 2011)

2.4.1 Mild Steel

Baja adalah logam paduan, logam besi yang berfungsi sebagai unsur dasar dicampur dengan beberapa Unsur lainnya, termasuk unsur karbon. Besi dapat terbentuk menjadi dua bentuk kristal yaitu *Body Center Cubic (BCC)* dan *Face*

Center Cubic (FCC). Dalam susunan bentuk BCC, ada atom besi ditengah-tengah kubus atom, dan susunan FCC memiliki atom besi disetiap sisi pada enam sisi kubus atom. Kandungan karbon dan unsur paduan lainnya Divariasikan untuk mendapatkan berbagai jenis kualitas baja . Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur peneras dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal dari atom penyusun besi. Apabila tidak ada unsur karbon maka Struktur kristal dari besi murni tidak memiliki resistensi antar atom dan akan saling melewati satu sama lain, sehingga menjadi ulet (Stichel, 1997)

Tabel 2. 5 ST 41 steel Chemical analysis

Grade	C. %	Mn.%	S	N	Cu	Nb	Ti.	Si.	P.	AL	Cr.	Mo.	Ni	Vi
A ST 41	0.20	0.80-1.40	0.015	0.012	0.30	0.020	0.03	0.40	0.025	0.020	0.30	0.08	0.30	0.02

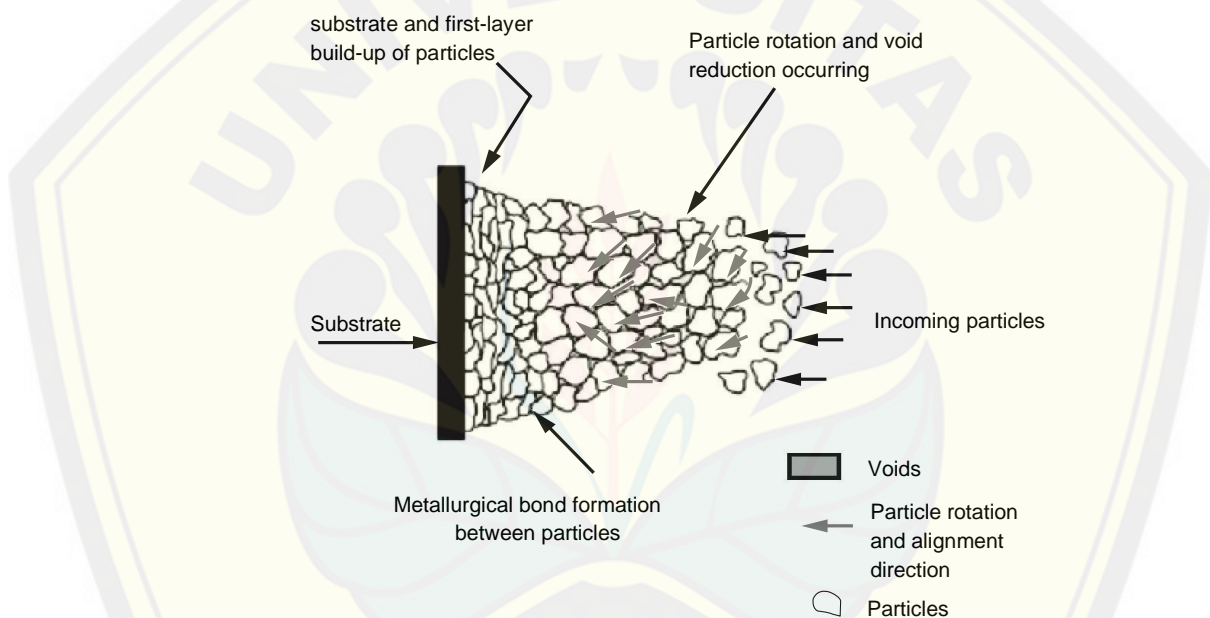
Tabel 2. 6 ST 41 steel Mechanical properties

Grade	Type	Thickness mm	Yield strength Mpa (min)	Tensile Strength MPa	Elongation % (min)	Impact Energy (KVJ) (min)		
						-20°	0°	+20
A ST 41	Normalized		265	410-530	22	27	34	40
		≤16	255	410-530	22	27	34	40
		16 > to ≤40	245	410-530	22	27	34	40
		40 > to ≤60	215	410-530	22	27	34	40
		60 > to ≤100	200	400-530	22	27	34	40
		100 > to ≤150	185	390-530	22	27	34	40

tegangan internal dan cacat dalam baja, sehingga baja lebih ulet dan lebih tahan terhadap keretakan

2.4 Bonding Mechanism

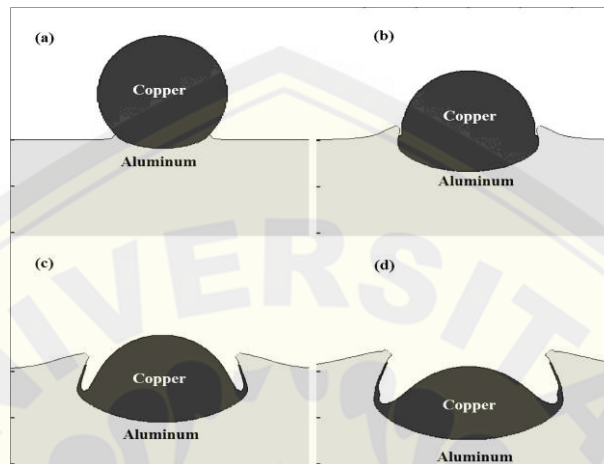
Ikatan mekanik atau *mechanical interlocking* adalah ikatan antara coating dengan substrat dikarenakan adanya penguncian secara mekanik (*mechanical interlocking*) pada bagian permukaan yang terkena kontak secara langsung antara substrat dan pelapis. Efek tersebut membentuk lapisan coating yang kontinu seperti pada Gambar 2.10



Gambar 2. 10 ikatan (bonding) powder pada substrate (Yin dkk., 2011)

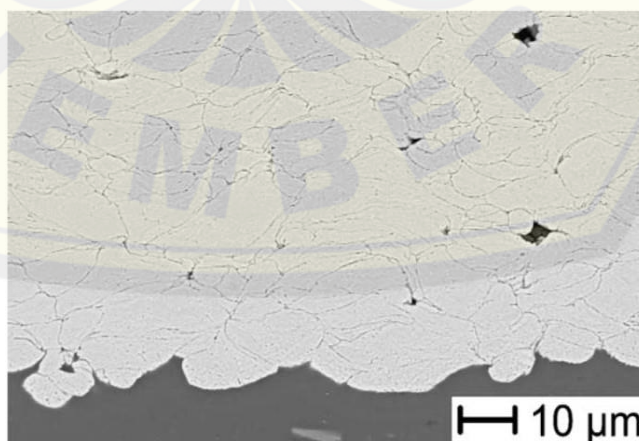
Ikatan adhesif secara efektif, terjadi pada kontak area antara partikel dengan substrate. Partikel yang disemprotkan oleh nosel *Termal spray* berada di kondisi temperatur tinggi yang mengakibatkan partikel ini bersifat sangat ulet dan bahkan meleleh. Pada saat partikel ini bersentuhan dengan substrat maka terjadi pendinginan cepat hingga muncul tegangan pada daerah tersebut. Tegangan ini berhubungan dengan energi yang menarik ikatan atom bila partikel berada pada keadaan leleh. Adesif antara substrat dan material pelapis sebagian besar ditentukan dengan ikatan tersebut (OttoKnotek,2001)

Ikatan yang terjadi partikel tidak hanya dipengaruhi oleh suhu partikel, tetapi juga oleh suhu permukaan substrat atau lapisan yang sudah didepositkan oleh tumbukan partikel



Gambar 2. 11 Impact dari partikel Cu pada substrate Aluminium (Pathak *et al*,2017)

Pada Gambar 2.11 telah dijelaskan bahwa pencampuran paksa antara tembaga dan substrat aluminium, partikel tembaga membentuk ikatan yang kuat antara partikel Tembaga dengan substrat Pada proses terjadinya ikatan antara Copper dengan Aluminium telah terjadi tumbukan yang sangat tinggi sehingga partikel tembaga dapat masuk dan menyisip pada permukaan aluminium secara terus-menerus hingga terjadi lapisan.



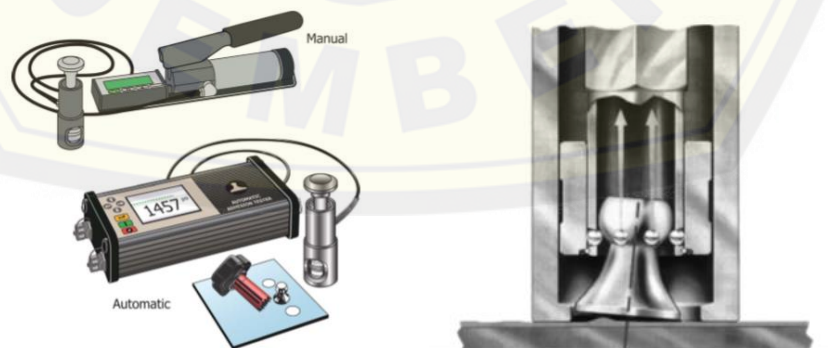
Gambar 2. 12 Scanning electron micrographs dari pelapisan tembaga pada substrate aluminium (Wang, 2015)

2.5 Pengujian

Pengujian merupakan upaya yang dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari sebuah penelitian yang didasarkan oleh standar pengujian yang berlaku. Terdapat beberapa pengujian untuk mengetahui keberhasilan dalam pelapisan material dengan metode *Flame spray*

2.6.1 *Pull Off Strength*

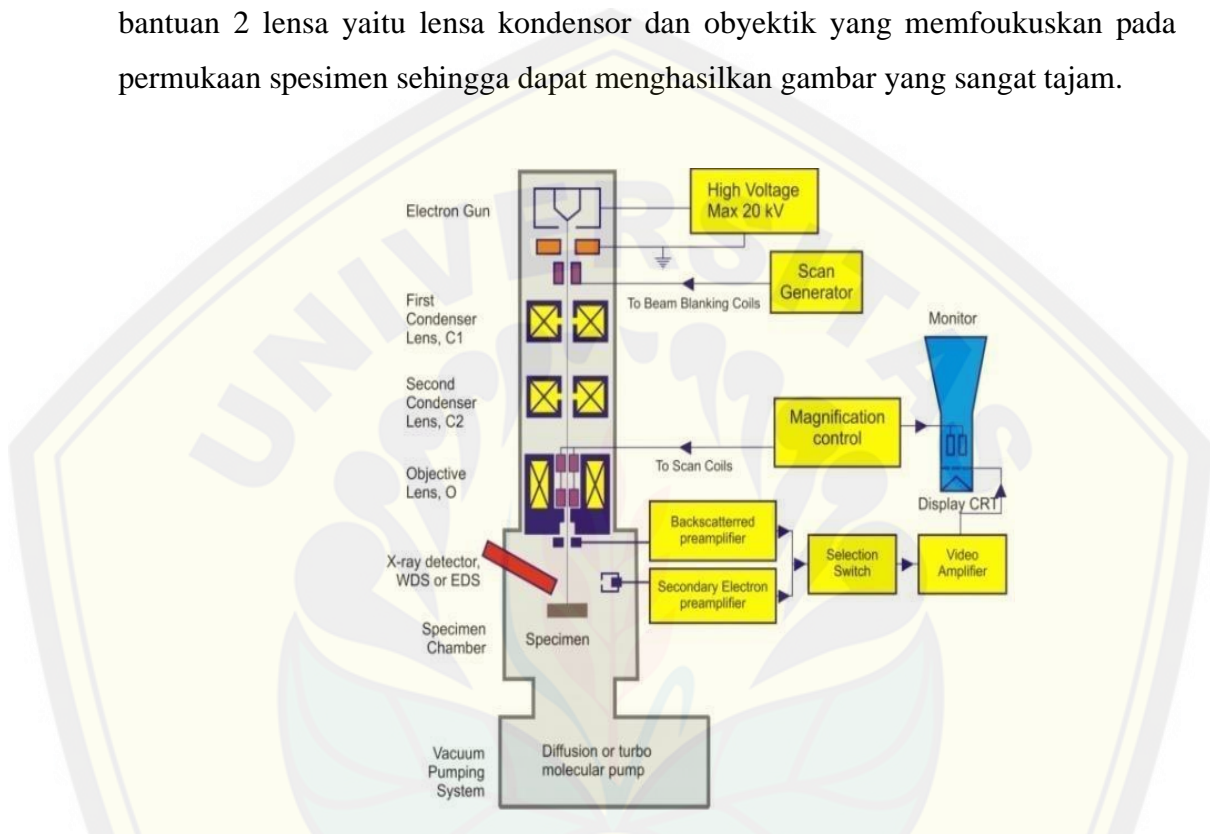
Pengujian adhesi *pull off Strength* adalah pengujian yang dilakukan guna mengukur ketahanan lapisan terhadap pemisahan dari substrat ketika gaya tarik tegak lurus diterapkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan lem, epoksi atau resin poliester, dengan sifat adhesi yang lebih kuat dari ikatan yang akan diuji. Substrat yang dilapisi biasanya mencakup logam, plastik, beton, kayu, keramik, kaca. pelapis sangat bervariasi dan termasuk film cat, pelapis bubuk, UV cured, keramik, epoxies, bitumen (enamel tar, master aspal), resin termoplastik (polietilen, vinil dan plastisol), laminasi, pernis, resin khusus (uretan, fluorokarbon, fenolik dan poliester), elastomer, dan anorganik (kaca, seng, dan timah hitam). Standart lulus atau gagalnya kuat lapisan yang terbentuk dan semuanya tergantung dalam standar yang digunakan. Pengujian adhesi dilakukan untuk tujuan kontrol kualitas dan biasanya digunakan untuk mematuhi standar. Besar atau kecilnya standar nilai yang ditentukan dari hasil pelapisan Bergantung pada aplikasinya. Berdasarkan ISO 4624 Uji adhesi harus dilakukan pada nilai minimum daya rekat 5,0 MPa saat menggunakan peralatan uji pneumatik atau hidrolik.



Gambar 2. 13 Alat uji Pull of *Strength* dan pengujiannya (ASTM, 2014)

2.6.2 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengamati material dimana alat ini memancarkan sinar elektron dari katoda dengan tegangan 0.5-30 Kv yang diarahkan pada permukaan material dengan bantuan 2 lensa yaitu lensa kondensor dan obyektik yang memfokuskan pada permukaan spesimen sehingga dapat menghasilkan gambar yang sangat tajam.

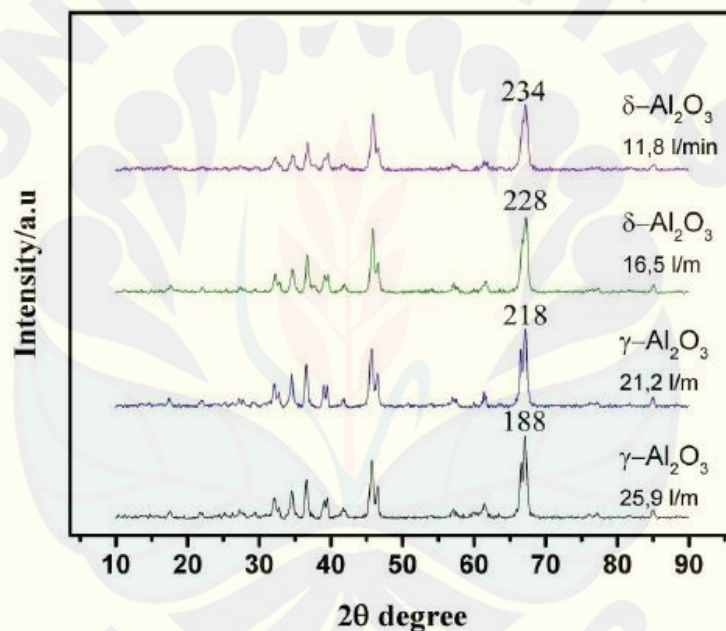


Gambar 2. 14 Pengujian blok digram SEM (Sujatno, 2015)

Kelebihan SEM dapat menghasilkan berkas elektron dengan ukuran sampai 5-10 nm dan memiliki lensa fokal yang lebih panjang sehingga memungkinkan jarak kerja terhadap spesimen lebih efisien dalam pengambilan gambar yang direkam oleh detektor pada ujung lensa. Pengamatan SEM dilakukan dengan menghubungkan mesin pada PC yang bertujuan agar PC dapat mengendalikan berkas elektron serta agar maksimal dalam pengambilan gambar digital pada permukaan sampel.

2.6.3 XRD (X-Ray Diffraction)

Sinar-X merupakan pengamatan yang memanfaatkan sinar *photon* sehingga terjadi radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang sekitar 100 pm yang dihasilkan dari penembakkan elektron berenergi tinggi mengelilingi permukaan sampel. Pengamatan (XRD) dilakukan untuk mengetahui fase kristal yang terbentuk pada suatu material padat dengan tujuan untuk memastikan bahwa material sudah memiliki fase *amorf* atau kristal. Pada hasil pengamatan XRD yang di hubungkan dengan PC juga dapat mengetahui struktur kristal yang terbentuk, berupa parameter kisi dan jenis struktur.



Gambar 2. 15 Hasil pengamatan XRD nanopartikel alumina (Rohman, 2017).

Pada pengamatan XRD Gambar 2.16 dapat menunjukkan bahwa pada variasi laju aliran oksigen 11,81/min diperoleh fase δ -alumina, 16,5 l/min dapat memperoleh fase δ -alumina, variasi 21,2 l/min memperoleh fase γ -alumina dan 25,9 l/min memperoleh fase γ -alumina dan pengamatan ini juga dapat menunjukkan perbandingan fase dari setiap variasi laju aliran oksigen

2.6.4 Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro merupakan pengujian mengenai struktur bahan dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi dengan perbesaran tertentu. Dengan pengujian struktur mikro kita dapat mengamati bentuk dan serta ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat deformasi, proses perlakuan panas dan perbedaan komposisi. Untuk melakukan pengujian struktur mikro, maka diperlukan proses metalografi. Proses metalografi bertujuan untuk melihat struktur mikro suatu bahan ada beberapa tahap yang harus dilakukan.

Langkah-langkah proses metalografi secara garis besar adalah sebagai berikut:

a. Pemotongan (*Sectioning*)

Proses pemotongan merupakan pemindahan material dari sampel yang besar menjadi spesimen dengan spesimen ukuran kecil.

b. Pembungkaiian (*Mounting*)

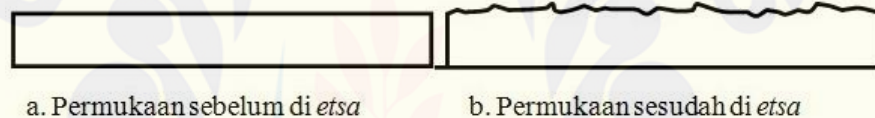
Pembungkaiian dilakukan pada bentuk spesimen yang ukurannya kecil atau tidak beraturan berguna untuk memudahkan dalam memegang spesimen pada proses pengamplasan dan pemolesan. Biasanya dilakukan dengan penambahan resin pada spesimen.

c. Penggrindaan, Pengamplasan, Pemolesan

Tahap penggrindaan, pengamplasan dan pemolesan ini bertujuan untuk membentuk permukaan spesimen agar benar-benar rata. Pengamplasan dilakukan dengan cara menggosok spesimen pada mesin hand grinding yang diberi kertas gosok dengan ukuran grid yang paling kasar sampai yang paling halus. Sedangkan pemolesan sendiri dilakukan dengan menggosokkan spesimen diatas mesin polishing machine yang dilengkapi dengan kain wool yang diberi serbuk alumina dengan kehalusan 1-0,05 mikron. Panambahan serbuk alumina ini bertujuan untuk lebih menghaluskan permukaan specimen sehingga akan lebih mudah melakukan metalografi.

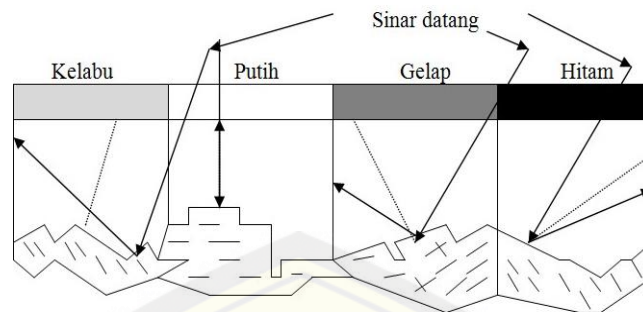
d. Pengetsaan (*Etching*)

Proses etsa ini pada dasarnya adalah proses korosi atau mengkorosikan permukaan spesimen yang telah rata karena proses grinding dan polishing menjadi tidak rata lagi. Ketidakrataan permukaan spesimen ini dikarenakan mikrostruktur yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda, sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Pada proses etsa dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen pada cairan etsa dan setiap jenis logam mempunyai cairan etsa (*etching reagent*) sendiri-sendiri. Gambar 2.17 yang menunjukkan pengaruh efek proses etsa permukaan specimen yang telah mengalami proses pengamplasan dan pemolesan.



Gambar 2. 16 Pengaruh Etsa pada Permukaan Spesimen (Herman, 2009)

Setelah permukaan spesimen di etsa, maka specimen tersebut siap untuk diamati di bawah mikroskop dan pengambilan foto metalografi. Pengamatan metalografi pada dasarnya adalah melihat perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang dimasukkan ke dalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (gelap, agak terang, terang). Dengan demikian apabila seberkas sinar di kenakan pada permukaan spesimen maka sinar tersebut akan dipantulkan sesuai dengan orientasi sudut permukaan bidang yang terkena sinar. Semakin tidak rata permukaan, maka semakin sedikit intensitas sinar yang terpantul ke dalam mikroskop, Sehingga warna yang tampak pada mikroskop adalah warna hitam. Sedangkan permukaan yang sedikit terkorosi akan tampak berwarna terang (putih) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.18 berikut:



Gambar 2. 17 Pantulan Sinar pada Pengamatan Metalografi (Herman, 2009)

2.6 Aplikasi *Thermal Spray*

Aplikasi proses semprotan termal sangat bervariasi. Namun, penggunaannya secara umum adalah untuk meningkatkan ketahanan korosi dan sifat keausan permukaan. Aplikasi lainnya adalah penggunaan dalam perbaikan dimensi, ketahanan panas (*Thermal barrier*), konduktor termal, konduktor listrik atau resistor, untuk *elektromagnetik shield*. Selain itu *Thermal spray* juga diaplikasikan pada beberapa sektor luar angkasa, otomotif, pertanian, pertambangan, industri kertas, proteksi korosi pada sektor minyak dan gas, kimia dan plastik (Dorfman, 2005)

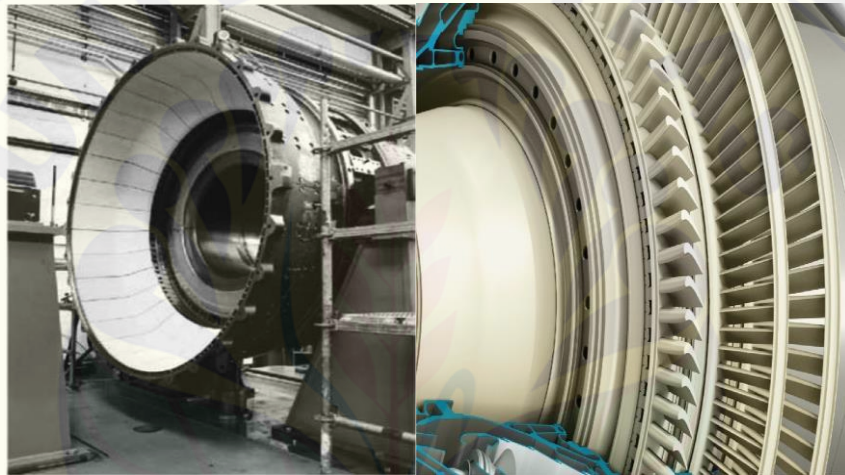
Tabel 2. 7 Aplikasi *Thermal Spray*

Coating Function	Application	Materials
Abrasive Wear	Cutting Blades	Tungsten Carbide-Cobalt
	Glass Mould Plungers	Nickel Chrome-Chrome Carbide
	Pump Volute	Cobalt-based Hardfacing Alloy
Sliding Wear		Nickel/Cobalt Self-Fluxing Alloy
	Piston Rings	Cast Iron-Molybdenum
	Impeller Shafts Cylinder Bores	Molybdenum-based Self-Fluxing Alumina-Titania
		Babbitt
		Cobalt Chromium Molybdenum
Impact, Vibratory Fretting Wear	Mid-span Dampers Sucker Rods	Tungsten Carbide Cobalt
Erosion/Cavitation Wear Chrome	Steam Turbine Blades (SPE)	Tungsten Carbide Cobalt
	Water Turbine Applications	Nickel Chrome-Chrome Carbide

(Sumber: Dorfman, 2005)

2.7.1 *Thermal Barrier*

Thermal Barrier merupakan Kemampuan material untuk menahan panas, kemampuan ini biasa digunakan pada permukaan logam yang beroperasi pada suhu tinggi seperti Boiler, Turbin gas, Turbine blade mesin pesawat, dan mesin Otomotif. Material Al_2O_3 , BeO , CaO , ZrO_2 , TiC , Diamond, MgO , Y_2O_3 , Mulite, Titania adalah kategori material yang dapat digunakan sebagai bahan untuk *Thermal Barrier Coating* (Saini dkk, 2012) Penggunaan material tersebut mampu menahan panas yang tinggi sehingga material yang dilapisi terlindungi dan memiliki umur pakai yang lebih lama

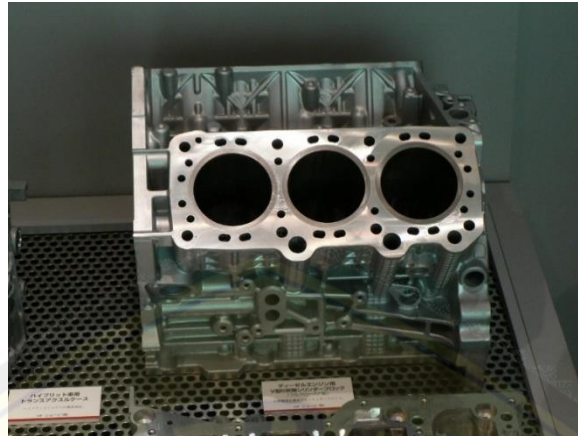


Gambar 2. 18 Aplikasi penggunaan Thermal spray pada komponen Turbin dan otomotif (Dorfman, 2005)

Material *Thermal barrier coating* Sebagian besar adalah bahan keramik atau *superalloy Coating* yang merupakan konduktor panas yang buruk sehingga logam dasar Terlindungi dari efek beban termal yang tinggi. Perubahan suhu yang terus menerus pada material memainkan peran penting dalam menentukan umur pelapisan. Hal Ini merupakan parameter penting dalam seckor *Aerospace* dan pembangkit listrik di mana bilah turbin gas mengalami hingga 1000°C atau pada badan pesawat ruang angkasa saat gesekan udara saat memasuki atmosfer sehingga memerlukan bahan yang dapat menahan panas.

2.7.2 Wear Resistance

Cylinder liner adalah komponen mesin yang dipasang pada blok silinder yang berfungsi sebagai tempat piston dan ruang bakar pada mesin otomotif. Pada saat langkah kompresi dan pembakaran akan dihasilkan tekanan dan temperatur gas yang tinggi, sehingga untuk mencegah kebocoran kompresi ini maka pada piston dipasang *ring piston* untuk memperkecil celah antara dinding *cylinder liner* dengan piston. Piston yang bergerak bolak-balik mengakibatkan keausan pada dinding *cylinder liner* bagian dalam, hal ini akan menimbulkan penambahan kelonggaran antara torak dan silinder, sehingga dapat menyebabkan kebocoran gas, tekanan kompresi berkurang dan tenaga yang dihasilkan juga berkurang. Agar keausan silinder tidak terlalu banyak maka diupayakan bahan yang digunakan tahan aus dan juga tahan terhadap panas. Akan tetapi penggunaan bahan yang tahan aus serta tahan panas akan mengakibatkan biaya produksi akan semakin meningkat (arthana dan Suardana, 2017).



Gambar 2. 19 Cylinder liner (Yamagata, 2005)

2.7.3 *Hot corrosion Resistance*

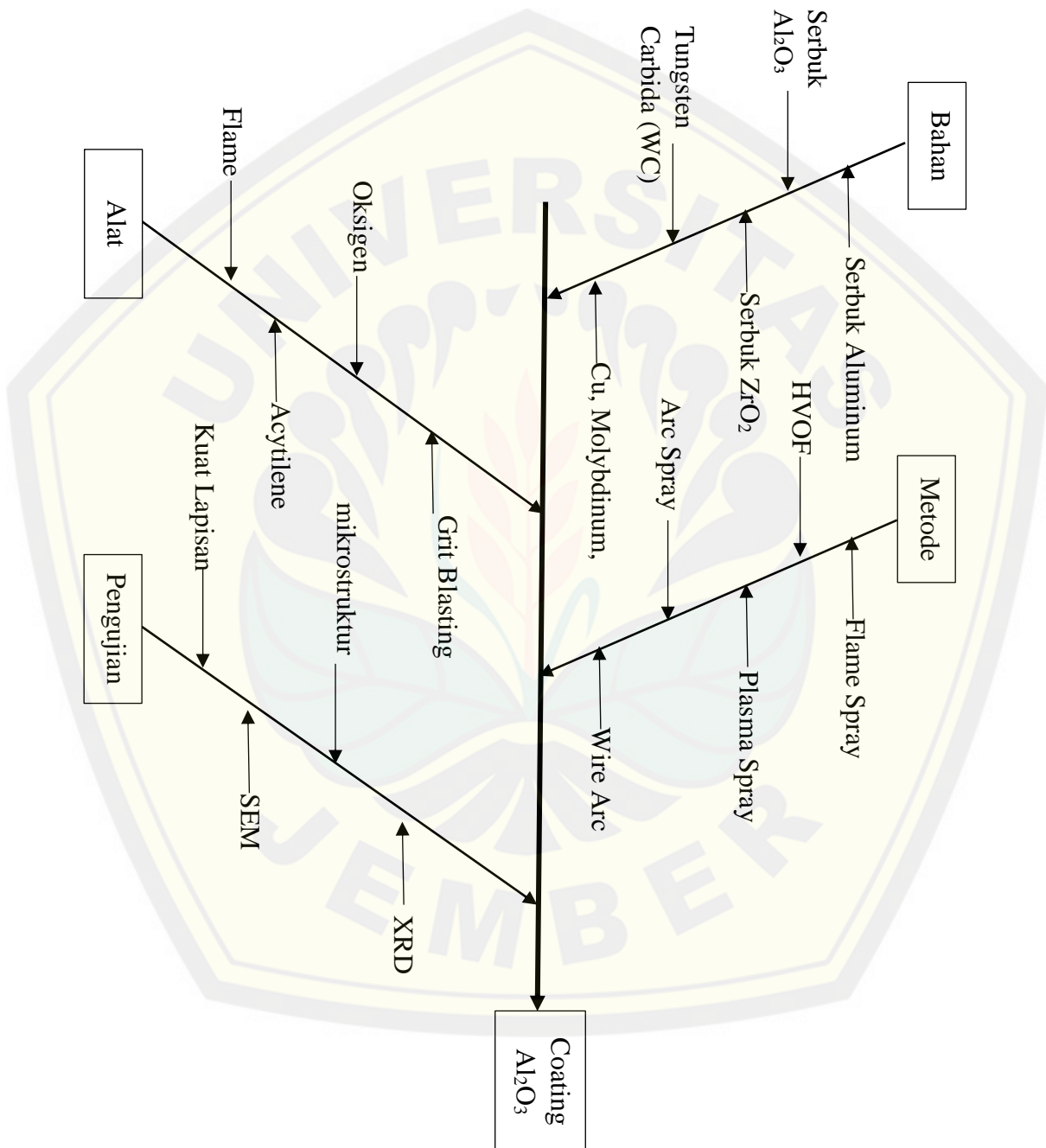
Boiler merupakan bejana tertutup yang digunakan Untuk membangkitkan listrik dalam kapasitas yang besar, dengan memanaskan air menjadi uap, kemudian uap tersebut digunakan untuk memutar Generator sehingga menjadikan listrik. Boiler beroperasi pada suhu tinggi terutama pada bagian *boiler tube* dan *superheater tube*, karena pada bagian ini sering terpapar panas pada temperatur yang tinggi, sehingga diperlukan material yang mampu beroperasi pada keadaan tersebut. Pengoperasian boiler secara terus menerus menyebabkan bagian *boiler tube* dan *superheater tube* dapat mengalami berbagai kegagalan dalam pengoperasiannya (Pratama, 2017). Sehingga peningkatan umur pakai dari *boiler tube* dan *superheater tube* menjadi perhatian utama



Gambar 2. 20 Superheated Boiler

2.7 Diagram Fishbone

Penelitian yang telah dilakukan dijelaskan secara garis besar melalui diagram *fishbone* seperti pada Gambar 2.21



Gambar 2. 21 Diagram fishbone

BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium uji Material Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember dan Laboratorium Material, Metalurgi, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November dan Laboratorium Sentral, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

3.2 Alat

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Flame Spray coating machine*
2. Kompresor.
3. Tabung *powder*
4. Pengatur Gas *flow meter*.
5. Pengatur laju aliran serbuk
6. Timbangan digital.
7. *Thremo gun*
8. Alat pegujian SEM dan XRD.
9. Amplas Grit 100,220,400,600,800,1000,1200,1500,2000
10. Gerinda
11. Gergaji
12. Ragum
13. *Pressure gauge*
14. Adhesion Tester

3.3 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah

1. Serbuk aluminium oksida (Al_2O_3)
2. Substrat ST41 berukuran 100 mm x 30 mm x 3 mm

3.4 Prosedur Penelitian

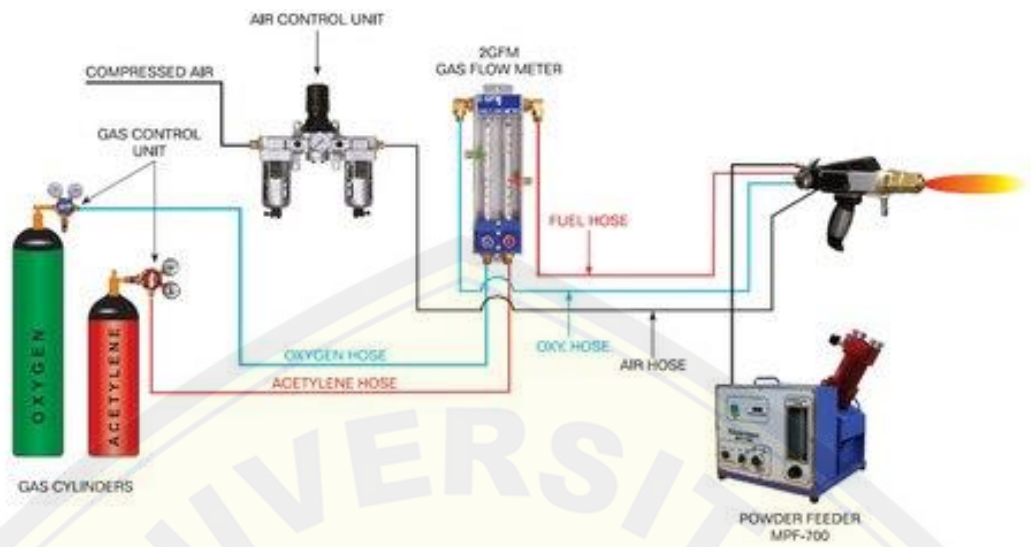
Penelitian ini dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan sebagai berikut:

3.4.1 Proses persiapan substrate

1. Persiapan bahan ST41
2. Bahan Substrat dipotong dengan ukuran 200 x 30 x 3 mm
3. Pengecekan secara visual standar ISO 8501-1 Grade bahan
4. Sebelum proses pelapisan substrate dilakukan *grit blasting* untuk mengkasarkan permukaan dengan brown aluminum oxide 24 mesh dengan tekanan 7 bar
5. Pengukuran kekasaran permukaan setelah proses sand blasting
6. Pengecekan secara visual Standart ISO 8501-1
7. Pengukuran dush level

3.4.2 Proses pelapisan Auminum Oxide pada substrate

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Memasang selang acetylene, oksigen dan udara pada mesin *Flame spray coating*
3. Mengatur laju aliran udara sebesar 0,5 dan 1 bar
4. Mengatur laju aliran oksigen dan acetylene
5. Serbuk Alumina ditimbang sebesar 25 gram
6. Memasukkan serbuk Alumina ke dalam tabung ukur pada mesin.
7. Mengecek kebocoran gas pada seluruh bagian mesin
8. Mengatur jarak substrate sebesar 100 mm dari ujung nozzle
9. Membuka keran oxy- acetylene dan udara
10. Pelapisan dilakukan secara merata pada suruh bagian substrat
11. Lakukan pengulangan pada nomor 4 dan seterusnya dengan variasi sudut dan tekanan oksigen
12. Menutup kran oksigen dan oxy- acetylene
13. Mengecek hasil pelapisan



Gambar 3. 1 Skema operasional Flame spray

3.5 Pengujian

3.5.1 Pull Of Test

Pengujian *Pull Of Test* digunakan untuk mengukur kekuatan lekat coating Al_2O_3 dengan tahapan pengujian sebagai berikut

1. Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan Sesuai ASTM D4541
2. Dolly diberi lem Araldite dan dipasang pada hasil coating
3. Setelah 24 jam lem menempel sempurna, alat pull of test Adhesion tester dipasang
4. Tekan batang hidrolik secara berulang sampai coating lapisan tertarik
5. Catat hasil pengujian



Gambar 3. 2 Pull of Test Adhesion Tester (Elcometer,2019)

3.5.2 Struktur mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optic Olympus BX41M perbesaran 100 dan 200x. pengamatan difokuskan pada bagian cross section dari lapisan coating dengan substrat. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Spesimen Dimasukkan dalam cetakkan dan dimounting dengan resin
2. Spesimen diampelas sampai rata dan halus mulai Grit 100 hingga 2000
3. Mikroskop optic dan PC dihidupkan untuk mengamati gambar
4. spesimen diletakkan pada meja preparat dengan mengatur ketinggiannya
5. pengamatan dilakukan dengan perbesaran 100 dan 200x dengan fokus pada bagian cross section



Gambar 3. 3 Mikroskop optic Olympus BX41M (Olympus,2019)

3.5.3 SEM

Pada proses pengamatan dengan SEM coating Al_2O_3 ini menggunakan alat *SEM Phenom™ G2 Pro* dan memiliki tahapan-tahapan pengujian antara lain, yaitu:

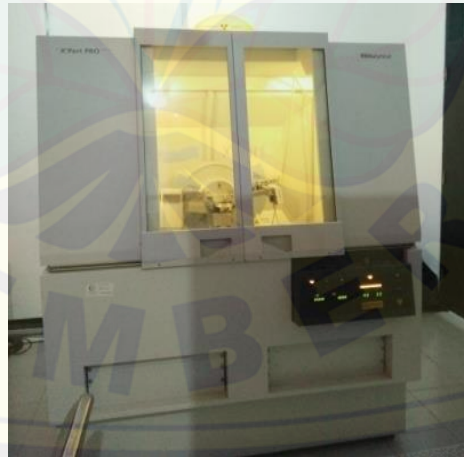
1. Alat pengujian *SEM Phenom™ G2 Pro* seperti yang ditampilkan pada gambar 3.3 (a) dipersiapkan.
2. Sampel dibagi menjadi dua kategori yaitu pengamatan pada permukaan dan bagian *cross section*
3. Pengamatan dilakukan dengan perbesaran 200 hingga 1000 pada bagian *cross section* dan 500 hingga 10000 pada bagian lapisan
3. sampel yang sudah siap diuji ditempatkan pada *stage*
4. *Stage* dimasukkan kedalam alat *SEM Phenom™ G2 Pro*.
5. Kemudian sampel siap di uji dengan pembesaran yang diinginkan
6. Setelah sampel yang diamati didapat, kemudian gambar disimpan pada PC



Gambar 3. 4 Pengujian SEM (Angraini, 2008)

3.5.4 XRD

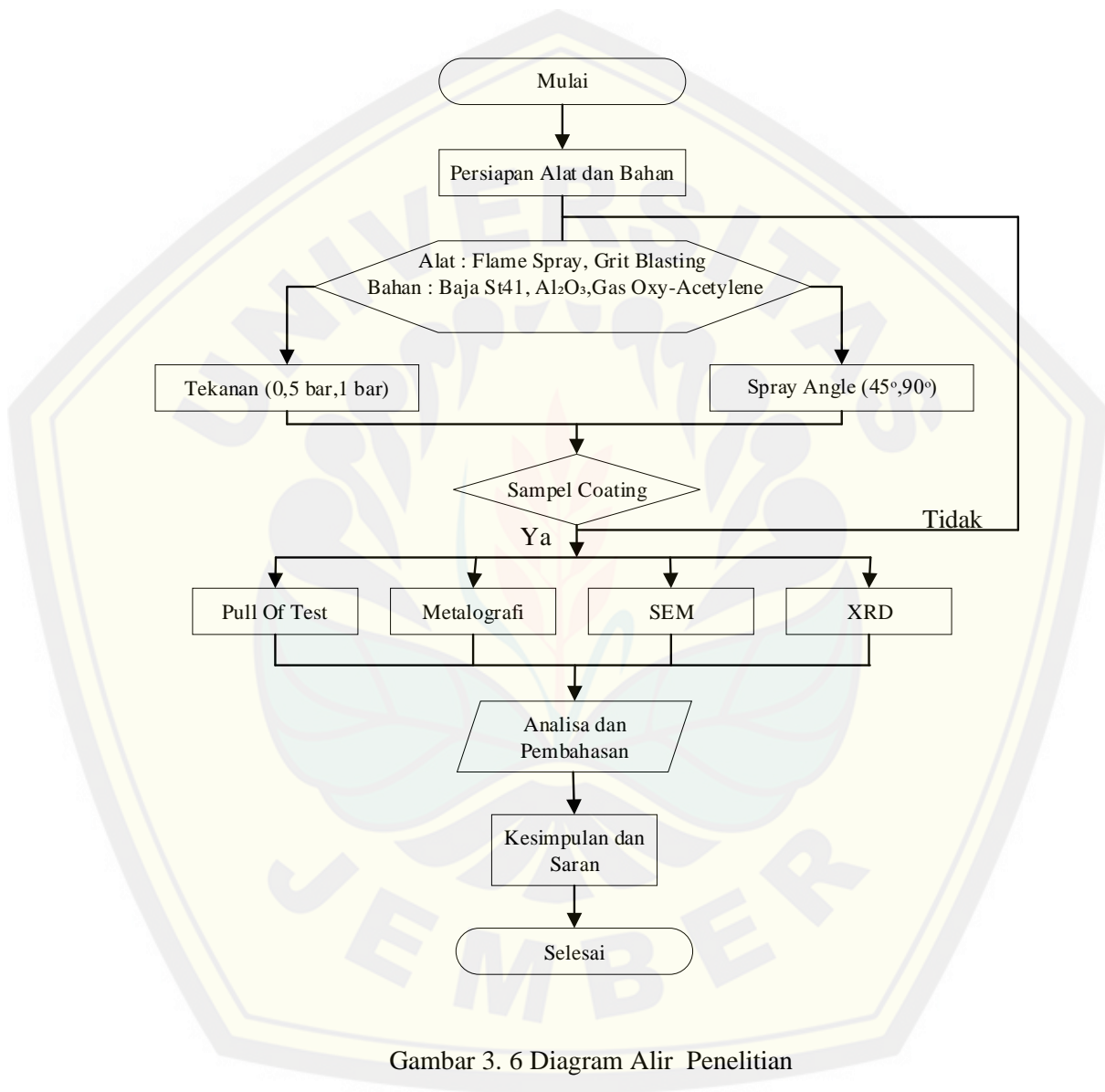
Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) menggunakan konsep pemantulan dari sinar-x yang dipancarkan. Pantulan-pantulan pada sudut tertentu dapat digunakan sebagai identifikasi dari senyawa yang terbentuk pada suatu material. Pengujian XRD dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Gambar 3. 5 Mesin XRD (X-ray Diffraction) (Kautsar,2017)

3.6 Diagram Alir

Diagram Alir pada penelitian pelapisan Al_2O_3 dengan metode Flame Spray adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 6 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

Dari hasil penelitian Pengaruh tekanan udara dan *spray angle* partikel Al_2O_3 pada Baja ST41 menggunakan metode *Flame Spray Coating* telah berhasil dilakukan. Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

5.1 Kesimpulan

1. Pada pengujian *Pull of test* hasil terendah ditunjukkan pada variasi tekanan 0,5 bar dengan sudut 45° dengan nilai rata-rata sebesar 5,19 MPa dan hasil terbaik ditunjukkan pada variasi tekanan 1 bar dengan sudut 90° dengan nilai rata-rata sebesar 9,64 MPa
2. Dari hasil Pengamatan *Optical Microscope* menunjukkan pada tekanan 1 bar, ikatan antara susbtrat Baja ST41 dengan coating Al_2O_3 terlihat paling lebih baik
3. Pada Tekanan 1 bar dan Spray Angle 90° pelapisan Al_2O_3 pada Baja ST41 Terlihat paling sedikit porositasnya dengan ketebalan sebesar 211 μm
4. Pengujian XRD pada tekanan 0,5 bar dan 1 bar telah menunjukkan hasil senyawa Al_2O_3 dengan bidang kristal (113) dan intensitas peak tertinggi pada $2\theta = 43,22$

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan partikel berukuran Nano dan dilakukan pengujian *Thermal Barrier* untuk Coating dengan Al_2O_3
2. Pengaruh faktor lingkungan dalam flame spray coating supaya dilakukan pengujian yang lebih lanjut
3. Persiapan, pemasangan atau instalasi alat dan APD (Alat Pelindung Diri) dalam proses *Flame Spray Coating* agar lebih diperharikan untuk menghindari kecelakaan dalam proses operasi

DAFTAR PUSTAKA

- Ang, A. S. M. dan C. C. Berndt. 2014. A review of testing methods for thermal spray coatings. *International Materials Reviews*. 59(4):179–223.
- ASTM. 2014. D4541-09: standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion. *ASTM International*. 1–16.
- Champagne, V. K. 2007. *The Cold Spray Materials Deposition Process Fundamentals and Application*. London: Woodhead Publishing and Maney Publishing.
- Daengmool, R., S. Wirojanupatump, S. Jiansirisomboon, dan A. Sopadang. 2016. Effect of spray parameters on stainless steel arc sprayed coating. 2–4.
- Davis. 2004. *Handbook of Thermal Spray Technology*. Ohio: ASM International.
- Dewi, A. K. 2009. Mikrostruktur permukaan baja jis s45c hasil difusi paska pelapisan hvof- thermal spray coating. *Thesis Universitas Indonesia*
- Dorfman, M. R. 2005. Thermal spray coatings. *Handbook of Environmental Degradation of Materials*. 405–422.
- Fauchais, P. 2015. *Current Status and Future Directions of Thermal Spray Coatings and Techniques*. Elsevier Ltd. *Future Development of Thermal Spray Coatings: Types, Designs, Manufacture and Applications*.
- Fauchais, P., G. Montavon, dan G. Bertrand. 2010. From powders to thermally sprayed coatings. *Journal of Thermal Spray Technology*. 19(1–2):56–80.
- Feret, F. R., D. Roy, dan C. Boulanger. 2000. Determination of alpha and beta alumina in ceramic alumina by x-ray diffraction. *Spectrochimica Acta, Part B: Atomic Spectroscopy*. 55(7):1051–1061.
- hengki irawan. 2016. Analisis Pengaruh Post-Annealing Pada Proses Pelapisan Ni-Al Dan FeCrBMnSi Dengan Metode Twin Wire Arc-Spraying (TWAS)

Terhadap Mikrostruktur Dan Sifat Mekanik Analysis Of Post-Annealing Effect Ni-Al and FeCrBMnSi Metallic Coating by Twin Wire Arc- Spraying. Institute Teknologi Sepuluh Nopember.

Junus, S. dan A. Zulfia. 2016. Development of seamless pipe based on Al / Al₂O₃ composite produced by stir casting and centrifugal casting. 857:179–182.

Larasati, F. 2013. Pengaruh jarak nozzle dan tekanan gas pada proses pelapisan ni-20cr dengan metode wire arc spray terhadap ketahanan thermal. 1(2):2–7.

Pawlowski. 2008. *The Science And Engineering Of Thermal Spray Coatings*. France: Willey.

Pratama, P. D. dan F. T. Industri. 2017. Pengaruh tekanan gas terhadap sifat mekanik dan morfologi lapisan coating pencampuran FeCrBMnSi dan Ni-Al pada baja AISI 4140 dengan metode twin wire arc spray

R.S. Lima and B.R. Marple. 2007. Thermal spray coatings engineered from nanostructured ceramic agglomerated powders for structural, thermal barrier and biomedical application. *Thermal Spray Technology*. 16(1):40–63.

S. Grainger and J. Blunt. 1998. *Engineering Coatings: Design and Application*. London: Woodhead Publishing Ltd.

Saini A K . Debasish Das. Pathak M, K. 2012. Thermal barrier coating-applications, stability and longevity aspects. *Procedia Engineering*. 38:3178–3179.

Stichel, W. 1997. *Handbook of Comparative World Steel Standards*. London: American Society for Testing and Materials. 6. *Materials and Corrosion/Werkstoffe Und Korrosion*.

Tata Surdia dan Shinroko Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi Keempat. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Technology, T. S. dan R. C. Tucker. 2018. Introduction to coating design and processing. *Thermal Spray Technology*. 5:76–88.

- Thirumalaikumarasamy, D., K. S. Kamalamoorthy, dan V. B. Visvalingam. 2015. Effect of experimental parameters on the micro hardness of plasma sprayed alumina coatings on az31b magnesium alloy. *Journal of Magnesium and Alloys*. 3(3):237–246.
- Tobergte, D. R. dan S. Curtis. 2013. *Handbook of Thermal Spray Technology*. 9. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Wang, X., Heberlein, J., Pfender, E., Gerberich, W., J. 8:565-575 (1999). 1999. Effect of nozzle configuration, gas pressure, and gas type on coating properties in wire arc spray. *JTTEE5*. 8:565–575.
- Wang, X. Feng, F. Klecka, M.A. Mordasky, M.D. Garofano, J.K. El-Wardany, T. Nardi, A. Champagne, V. . 2015. Characterization and modeling of the bonding process in cold spray additive manufacturing. *Addit. Manuf.* 8:149–162.
- Worrall, W. . 1986. *Clays and Ceramic Raw Materials*. Edisi 2ed. New York: Elvisier Applied Science Publishers.
- Yamagata. 2005. *The Science and Technology of Materials in Automotive Engines*. London: Woodhead Publishing Ltd.
- Yao, J. T., J. Q. Ren, H. Bin Huo, G. J. Yang, C. X. Li, dan C. J. Li. 2014. Deposition behavior of semi-molten spray particles during flame spraying of porous metal alloy. *Journal of Thermal Spray Technology*. 23(6):991–999.
- Yin, S., X. F. Wang, W. Y. Li, dan H. E. Jie. 2011. Effect of substrate hardness on the deformation behavior of subsequently incident particles in cold spraying. *Applied Surface Science*. 257(17):7560–7565.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. 1 SPESIFIKASI BAHAN SUBSTRAT



Supermarket Logam international co.,ltd

Tel: [0812 1285 4323](tel:081212854323)

E-mail: Sales@Supermarketlogam.com

Steel plate for for Boiler Pressure Vessel DIN17135 A ST 41 steel

A ST 41 steel plate, DIN17135 A ST 41 steel plates is a kind of material for boiler and pressure vessel steel. DIN17135 A ST 41 steel plates is characterized by a minimum yield strength of 185 - 265 MPa and by good weldability, so A ST 41 steel is mainly used to for manufacturing boilers, pressure vessels and pipes transporting hot liquids. the following are DIN17135 A ST 41 steel plate's Chemical composition and mechanical properties.

If you are looking for Indonesian A ST 41 steel supplier, if you want to know A ST 41 steel price, please be free to contact us.

Chemical analysis -% by mass* (max) of A ST 41 steel plate

Grade	C. %	Mn %	S	N	Cu	Nb	Ti	Si	P	AL	Cr	Mo	Ni	Vi
A ST 41	0.20	0.80-1.40	0.015	0.012	0.30	0.020	0.03	0.40	0.025	0.020	0.30	0.08	0.30	0.02

Mechanical properties of A ST 41 steel plate

Grade	Type	Thickness mm	Yield strength Mpa(min)	Tensile Strength MPa	Elongation % (min)	Impact Energy (KJ) (min)		
						-20°	0°	+20
A ST 41	Normalized	≤16	265	410-530	22	27	34	40
		16>to≤40	255	410-530	22	27	34	40
		40>to≤60	245	410-530	22	27	34	40
		60>to≤100	215	410-530	22	27	34	40
		100>to≤150	200	400-530	22	27	34	40
		150>to≤250	185	390-530	22	27	34	40

Supermarket Logam----- **The most professional exporter on shipbuilding steel**

Tel: [0812 1285 4323](tel:081212854323)

E-mail: Sales@Supermarketlogam.com

Fax: 0086-371-86011881

MSN:Supermarketlogam@hotmail.com

LAMPIRAN A. 2 SPESIFIKASI SERBUK ALUMINA



Specification

1.01077.1000 Aluminium oxide 90 active neutral (activity stage I) for column chromatography 0.063-0.200 mm (70 - 230 mesh ASTM)

Specification

Activity	I	
pH-value (10 % suspension)	6.8 - 7.8	
Substances extractable by water	≤ 0.2	%
Chloride (Cl)	≤ 0.1	%
Ca (Calcium)	≤ 0.15	%
Speed of filtration	≥ 0.3	ml/min
Particle size	70 % between 0.063 - 0.200 mm	

Setting of activity according to the Brockmann activity grades adjusted to a migration distance of 30 mm:

Specification

I	activity I
II	activity II
III	activity III
IV	activity IV
V	activity V

Dr. Simon Forster
Responsible laboratory manager quality control

This document has been produced electronically and is valid without a signature.

LAMPIRAN B. 1 PENGUJIAN XRD 0,5 BAR

Match! Phase Analysis Report

Institute of Technology Sepuluh November (ITS), Department of Physics

Sample: 0,5 bar

Sample Data
 File name 0,5 bar.xrdml
 File path D:\Kuliah\Semester 8\Skipri semangat\Data Pengujian\XRD\Bobo\Arga0,5 bar
 Data collected Jul 31, 2019 23:02:57
 Data range 4.908° - 59.871°
 Number of points 3290
 Step size 0.017
 Alpha2 subtracted Yes
 Background subtr. No
 Data smoothed Yes
 2theta correction -0.1°
 Radiation Xrays
 Wavelength 1.540598 Å

Matched Phases

Index	Amount (%)	Name	Formula sum
A	100.0	Aluminium oxide Corundum	Al2 O3

A: Aluminium oxide Corundum

(100.0 %)
 Formula sum Al2 O3
 Entry number 96-100-0018
 Figure-of-Merit (FoM) 0.714940
 Total number of peaks 30
 Peaks in range 8
 Peaks matched 7
 Intensity scale factor 0.11
 Space group R-3 c
 Crystal system trigonal (hexagonal axes)
 Unit cell a=4.7606 Å c=12.9940 Å
 I/cor 1.00
 Calc. density 3.593 g/cm³
 Reference Tsirelson V.G., Antipin M.Y., Carr R.G., Ozerov R.P., Stuchkov Y.T., Ruby structure peculiarities derived from X-ray data. Localization of chromium atoms and electron deformation density, Physica Status Solidi, Sectio A Applied Research 87, 425-433 (1985)

Candidates

Name	Formula	Entry No.	FoM
Aluminium oxide - α -Al ₂ O ₃ (Corundum)	Al2 O3	96-100-0033	0.8858
Aluminium oxide (Corundum)	Al2 O3	96-100-0018	0.8849
Aluminium oxide - Cr-doped (Corundum)	Al2 O3	96-500-0953	0.8845
Corundum	Al2 O3	96-900-9679	0.8819
Corundum	Al2 O3	96-900-9672	0.8746
Periclase	Mg O	96-900-6787	0.8458
Periclase	Mg O	96-900-6803	0.8457
Periclase	Mg O	96-900-6802	0.8436
Periclase	Mg O	96-900-6801	0.8420
Periclase	Mg O	96-901-3247	0.8420
Periclase	Mg O	96-900-6817	0.8413
Periclase	Mg O	96-900-6816	0.8390
Periclase	Mg O	96-901-3222	0.8390
Periclase	Mg O	96-900-6800	0.8389
Mildonite	Au2 Bi	96-901-3901	0.8149
gamma alumina	Al2 O3	96-201-5531	0.8042
Spinel	Al2 Mg O4	96-900-2860	0.8023
Spinel	Al2 Mg O4	96-900-2858	0.8020
	Fe0.3 Mg0.7 O	96-230-0202	0.7998
Magnesiowustite	Au16 Bi4.78 Ca3.22	96-410-2303	0.7993
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6060	0.7947
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6059	0.7943
Magnesiowustite	Au8 Bi1.82 Ca2	96-410-2302	0.7941
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6050	0.7926
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6052	0.7924
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6061	0.7916
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6071	0.7912
Magnesiowustite	Fe4 H42 Mg O16 S6	96-900-8206	0.7902
Magnesiowustite	Ni0.9 O.Zn0.1	96-230-0293	0.7894
nickel zinc oxide	Ni O	96-432-0494	0.7884
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6053	0.7876
nickel zinc oxide	Ni0.9 O.Zn0.1	96-230-0288	0.7875
	Ni O	96-432-0491	0.7874
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6055	0.7873
	Ni0.9 O.Zn0.1	96-230-0289	0.7872
Magnesiowustite	Fe0.4 Mg0.6 O	96-900-6047	0.7870
TiO	O Ti	96-900-8750	0.7866
nickel zinc oxide	Ni0.9 O.Zn0.1	96-230-0287	0.7863
nickel zinc oxide	Ni0.9 O.Zn0.1	96-230-0285	0.7862

Periclase	Mg O	96-901-3228	0.7862
nickel zinc oxide	Ni _{0.9} O Zn _{0.1}	96-230-0286	0.7855
	Ni O	96-432-0488	0.7855
nickel zinc oxide	Ni _{0.9} O Zn _{0.1}	96-230-0291	0.7854
	Ni _{0.9} O Zn _{0.1}	96-230-0285	0.7847
NICKEL OXIDE	Ni O	96-101-0096	0.7844
Gahnite	Al ₂ O ₄ Zn	96-900-7034	0.7838
nickel zinc oxide	Ni _{0.9} O Zn _{0.1}	96-230-0294	0.7833
	Mg O	96-901-3204	0.7824
Potassium aluminium silicate hydrate * (Muscovite 2M)	Al ₃ H ₂ K O ₁₂ Si ₃	96-110-0012	0.7815
Potassium aluminium silicate hydrate * (Muscovite 2M)	Al ₃ H ₂ K O ₁₂ Si ₃	96-110-1030	0.7815
VC	C V	96-900-8765	0.7809

and 150 others...

Search-Match

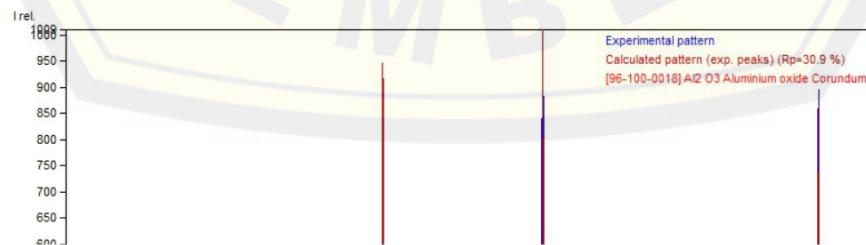
Settings

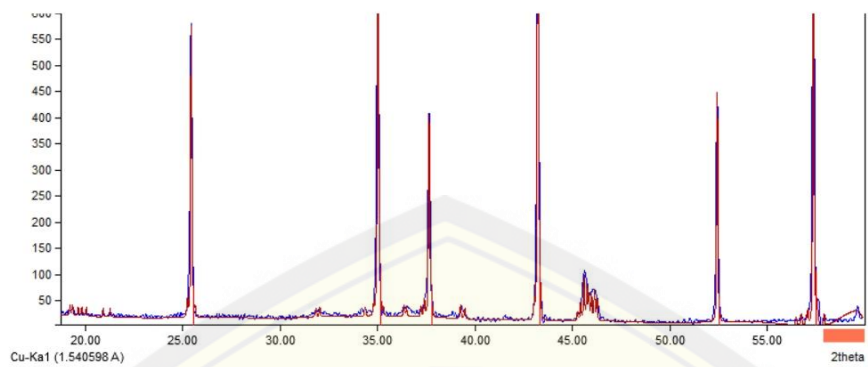
Automatic zeropoint adaptation	Yes
Minimum figure-of-merit (FoM)	0.60
Parameter/influence 2theta	0.50
Parameter/influence intensities	0.50
Parameter multiple/single phase(s)	0.50

Peak List

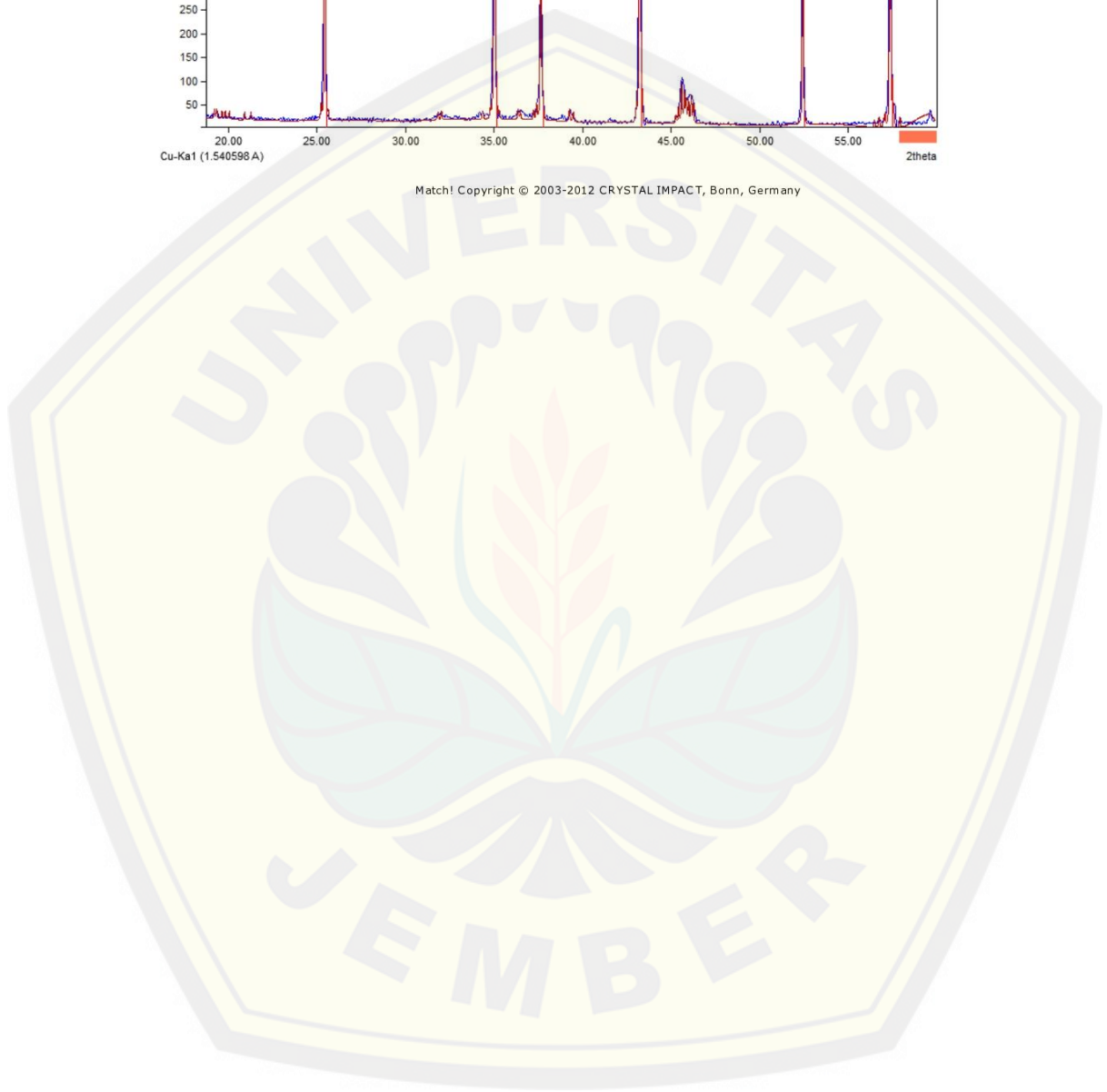
No.	2theta [°]	d [Å]	I/I ₀	FWHM	Matched
1	15.46	5.7251	15.44	0.0668	
2	19.21	4.6163	17.47	0.0668	
3	19.34	4.5854	18.59	0.0668	
4	19.64	4.5173	15.57	0.0668	
5	19.83	4.4744	15.73	0.0668	
6	20.05	4.4254	15.50	0.0668	
7	20.92	4.2432	15.21	0.0668	
8	21.27	4.1732	15.26	0.0668	
9	25.23	3.5266	30.39	0.0668	
10	25.44	3.4986	567.43	0.0668	
11	25.64	3.4721	17.43	0.0668	A
12	31.83	2.8095	15.33	0.0668	
13	32.03	2.7923	18.15	0.0668	
14	34.35	2.6086	17.01	0.0668	
15	34.79	2.5769	21.52	0.0668	
16	35.01	2.5609	921.75	0.0668	
17	35.11	2.5538	80.34	0.0668	A
18	35.28	2.5416	15.70	0.0668	
19	36.34	2.4701	19.70	0.0668	
20	36.48	2.4614	17.84	0.0668	
21	37.22	2.4135	18.15	0.0668	
22	37.39	2.4029	31.04	0.0668	
23	37.63	2.3882	382.68	0.0668	
24	37.75	2.3811	48.22	0.0668	A
25	39.25	2.2936	23.76	0.0668	
26	39.47	2.2814	19.41	0.0668	
27	43.02	2.1008	31.26	0.0668	
28	43.22	2.0918	1000.00	0.0668	
29	43.33	2.0867	66.31	0.0668	A
30	45.25	2.0024	15.38	0.0668	
31	45.41	1.9958	32.07	0.0668	
32	45.59	1.9883	84.19	0.0668	
33	45.73	1.9823	62.51	0.0668	
34	45.83	1.9782	44.15	0.0668	
35	45.96	1.9729	48.39	0.0668	
36	46.12	1.9667	54.85	0.0668	
37	46.25	1.9614	40.20	0.0668	A
38	52.42	1.7442	429.02	0.0668	A
39	56.47	1.6283	15.52	0.0668	
40	56.73	1.6214	22.33	0.0668	
41	56.97	1.6152	17.04	0.0668	
42	57.07	1.6126	29.26	0.0668	
43	57.35	1.6052	869.59	0.0668	
44	57.54	1.6004	43.35	0.0668	A
45	57.90	1.5915	21.39	0.0668	

Diffraction Pattern Graphics





Match! Copyright © 2003-2012 CRYSTAL IMPACT, Bonn, Germany



LAMPIRAN B. 2 PENGUJIAN XRD 1 BAR

Match! Phase Analysis Report

Institute of Technology Sepuluh November (ITS), Department of Physics

Sample: 1bar

Sample Data	
File name	1bar.xrdml
File path	D:/Kuliah/Semester 8/Skripsi semangat/Data Pengujian/XRD/Bobig Arga/1bar
Data collected	Jul 31, 2019 23:02:57
Data range	4.928° - 59.891°
Number of points	3290
Step size	0.017
Alpha2 subtracted	Yes
Background subtr.	No
Data smoothed	Yes
2theta correction	-0.08°
Radiation	Xrays
Wavelength	1.540598 Å

Matched Phases

Index	Amount (%)	Name	Formula sum
A	100.0	Aluminium oxide Corundum	Al2 O3

A: Aluminium oxide Corundum (100.0 %)

Formula sum	Al2 O3
Entry number	96-100-0018
Figure-of-Merit (FoM)	0.757422
Total number of peaks	30
Peaks in range	8
Peaks matched	7
Intensity scale factor	0.05
Space group	R-3 c
Crystal system	trigonal (hexagonal axes)
Unit cell	a=4.7606 Å c=12.9940 Å
I/Cor	1.00
Calc. density	3.983 g/cm³
Reference	Tsirelson VG, Anilpin MY, Gerr RG, Ozerov RP, Struchkov YT, "Ruby structure peculiarities derived from X-ray data. Localization of chromium atoms and electron deformation density", Physica Status Solidi, Sectio A: Applied Research 87 , 425-433 (1985)

Candidates

Name	Formula	Entry No.	FoM
Spinel	Al2 Mg O4	96-900-2859	0.7917
Pyrope	Al1.9 Mg3.05 O12 Si3.05	96-900-2188	0.7837
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-0139	0.7835
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-0232	0.7835
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-2334	0.7834
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-1527	0.7832
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-0436	0.7830
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-0618	0.7829
Hastingsite	Al1.68 Ca2 Fe4.45 H2 Mg0.55 Na3.96 O24 Si6.32	96-900-1243	0.7673
Rhönite	Al3 Ca1.93 Fe1.705 Mg3.295 Na0.07 O20 Si3 Ti	96-900-5038	0.7659
Spinel	Al2 Mg O4	96-900-2855	0.7647
Pyrope	Al2 Ca0.588 Mg2.412 O12 Si3	96-900-1528	0.7608
Aluminium oxide - γ -gamma	Al2.666 O3.999	96-101-0462	0.7594
Barium iron(III) aluminate *	Al6.36 Ba Fe5.64 O19	96-100-6005	0.7581
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-1428	0.7577
Gamet	Al2 Mg2.55 Ni0.45 O12 Si3	96-900-1717	0.7570
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-1686	0.7567
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-6557	0.7561
Spinel	Al2 Mg O4	96-900-2857	0.7560
Pyrope	Al1.74 Mg3.13 O12 Si3.13	96-900-2189	0.7542
Pyrope	Al2 Mg3 O12 Si3	96-900-5130	0.7541
Copper zinc aluminium tantalum oxide (1.3/2.7/1/1/8)	Al Cu1.333 O8 Ta Zn2.667	96-200-2550	0.7521
gamma alumina	Al2.67 O4	96-201-5531	0.7465
Staurolite	Al4.82 Fe0.83 H Mg0.19 O12 Si1.9 Zn0.01	96-900-4303	0.7453
Spinel	Al2 Mg O4	96-900-2858	0.7452
Strontioepimontite	Al1.8 Ca1.05 Fe0.32 H Mn1.1 O13 Si3 Sr0.73	96-900-5042	0.7411
Sursassite	Al2.83 H3 Mn2.17 O14 Si3	96-900-5775	0.7394
Spinel	Al2 Mg O4	96-900-2856	0.7392
Epidote-(Sr)	Al1.92 Ca1.1 Fe0.88 H Mn0.2 O13 Si3 Sr0.9	96-901-3495	0.7386
Sursassite	Al3 H3 Mn2 O14 Si3	96-901-3694	0.7365
Clinozoisite	Al2.79 Ca2 Fe0.21 O13 Si3	96-900-1803	0.7362
Sursassite	Al3 H3 Mn2 O14 Si3	96-901-3693	0.7349
Sursassite	Al3 H3 Mn2 O14 Si3	96-901-3691	0.7342
Piemontite	Al1.71 Ca0.96 Ce0.23 Cu0.13 Fe0.4 Gd0.01 H La0.11 Mg0.16 Mn0.93 Nd0.1 O13 Pr0.03 Si3 Sm0.02 Sr0.19 Th0.02	96-900-1743	0.7337
Disodium dimanganese aluminium tris(phosphate)	Al0.85 Mn2.48 Na1.5 O12 P3	96-201-4415	0.7319
Strontioepimontite	Al1.74 Ca1.38 Fe0.32 H Mn0.94 O13 Si3 Sr0.62	96-900-5043	0.7319
Barium aluminium titanium oxide	Al2.004 Ba4 O27 Ti9.996	96-200-2250	0.7317

(4/210/2/)			
Allanite-subgroup mineral	A1.064 Ca0.888 Ce0.834 Fe0.391 Mn1.822 O13 Si3	96-901-3299	0.7292
Tomebohmite-(Ce)	A Ce2 H O9 Si2	96-900-0863	0.7258
Staurolite	A4.409 Fe0.308 Li0.235 Mg0.603 O12 Si1.99 Zn0.005	96-901-3777	0.7237
Staurolite	A4.39 Mg0.9 O12 Si1.96	96-900-5342	0.7236
Magnesiostauroilite	A4.395 Fe0.04 H0.995 Li0.235 Mg0.758 O12 Si1.99 Ti0.01 Zn0.005	96-900-5574	0.7220
Piemontite	A1.97 Ca2 H Mn1.03 O13 Si3	96-900-3503	0.7218
Sursassite	A2.89 Ca0.21 H3 Mn1.9 O14 Si3	96-901-3391	0.7214
Zoisite	A3 H O13 Si3 Sr2	96-901-0277	0.7196
Sursassite	A3 H3 Mn2 O14 Si3	96-901-3695	0.7176
Piemontite	A1.75 Ca1.48 Ce0.04 Fe0.39 H La0.16 Mg0.08 Mn0.98 Nd0.06 O13 Pr0.02 Si3 Sm0.003 Sr0.03 Th0.004	96-900-5090	0.7162
Piemontite	A1.75 Ca2 H Mn1.25 O13 Si3	96-900-3507	0.7158
Piemontite	A1.75 Ca1.48 Ce0.04 Fe0.39 H La0.16 Mg0.08 Mn0.98 Nd0.06 O13 Pr0.02 Si3 Sm0.003 Sr0.03 Th0.004	96-900-5091	0.7146
Piemontite	A2 Ca2 H Mn O13 Si3	96-900-3500	0.7143
Seidozerite	A0.1 Ca0.4 F2 Fe0.19 Mg0.34 Mn0.46 Na3.6 Nb0.04 O16 Si4 Ti1.26 Zr1.44	96-901-1836	0.7130
Aluminium oxide - δ -eta	A2.66 O4	96-120-0016	0.7128
and 150 others...			

Search-Match

Settings

Automatic zeropoint adaptation	Yes
Minimum figure-of-merit (FoM)	0.60
Parameter influence 2theta	0.50
Parameter influence intensities	0.50
Parameter multiple/single phase(s)	0.50

Selection Criteria

Elements:

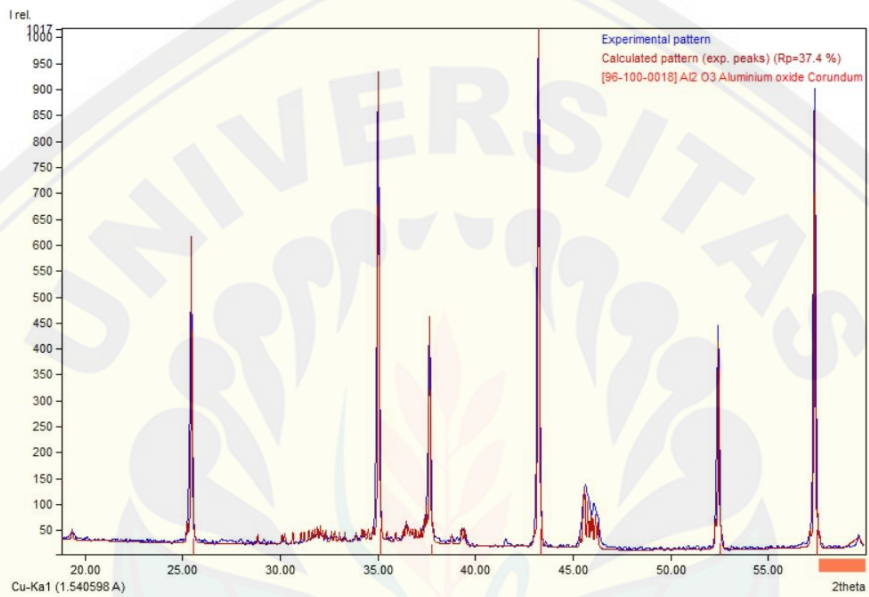
Elements that must be present:	Ca, Al
Elements that may be present:	All elements not mentioned above

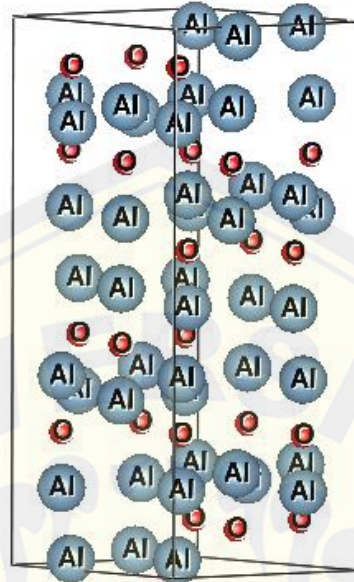
Peak List

No.	2theta [°]	d [Å]	I/I0	FWHM	Matched
1	19.34	4.5867	19.56	0.0668	
2	25.24	3.5259	33.12	0.0668	
3	25.45	3.4969	577.29	0.0668	
4	25.58	3.4794	22.42	0.0668	A
5	28.84	3.0932	16.93	0.0668	
6	30.10	2.9668	17.42	0.0668	
7	30.22	2.9547	18.40	0.0668	
8	30.65	2.9150	20.50	0.0668	
9	31.06	2.8768	19.36	0.0668	
10	31.22	2.8622	19.39	0.0668	
11	31.46	2.8414	23.39	0.0668	
12	31.63	2.8261	21.93	0.0668	
13	31.77	2.8143	24.32	0.0668	
14	31.90	2.8033	26.81	0.0668	
15	32.05	2.7906	30.04	0.0668	
16	32.16	2.7807	21.70	0.0668	
17	32.32	2.7677	22.24	0.0668	
18	32.62	2.7429	19.87	0.0668	
19	32.80	2.7285	20.64	0.0668	
20	33.03	2.7097	16.65	0.0668	
21	33.31	2.6880	16.55	0.0668	
22	33.87	2.6443	16.86	0.0668	
23	34.19	2.6206	20.63	0.0668	
24	34.31	2.6116	19.74	0.0668	
25	34.50	2.5973	21.91	0.0668	
26	34.75	2.5797	24.37	0.0668	
27	35.02	2.5601	890.10	0.0668	
28	35.16	2.5505	38.58	0.0668	A
29	35.46	2.5292	16.74	0.0668	
30	35.91	2.4989	16.56	0.0668	
31	36.32	2.4717	22.45	0.0668	
32	36.45	2.4630	35.95	0.0668	
33	36.56	2.4557	24.21	0.0668	
34	36.68	2.4479	20.13	0.0668	
35	36.78	2.4414	20.37	0.0668	
36	36.94	2.4316	22.11	0.0668	
37	37.08	2.4226	18.71	0.0668	
38	37.21	2.4142	24.84	0.0668	
39	37.38	2.4038	38.04	0.0668	
40	37.48	2.3974	58.69	0.0668	
41	37.65	2.3872	424.97	0.0668	
42	37.80	2.3780	29.15	0.0668	A
43	38.78	2.3200	17.05	0.0668	
44	39.29	2.2911	31.45	0.0668	
45	39.43	2.2832	30.08	0.0668	
46	43.00	2.1016	22.34	0.0668	
47	43.22	2.0914	1000.00	0.0668	
48	43.34	2.0860	64.44	0.0668	A
49	45.35	1.9984	20.52	0.0668	

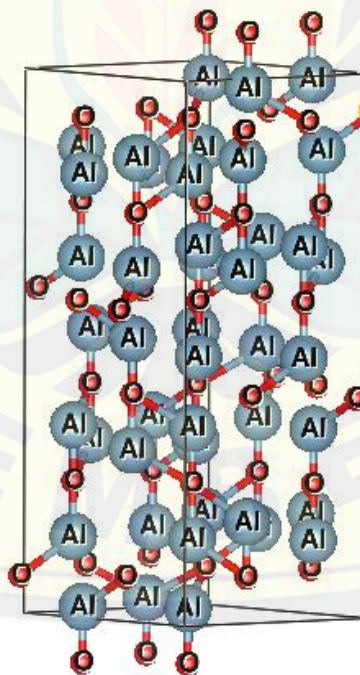
49	45.33	1.9901	20.92	0.0668	
50	45.52	1.9910	73.95	0.0668	
51	45.59	1.9884	98.78	0.0668	
52	45.75	1.9817	85.30	0.0668	
53	45.89	1.9758	54.14	0.0668	
54	45.99	1.9717	52.22	0.0668	
55	46.14	1.9659	59.55	0.0668	A
56	46.27	1.9606	47.92	0.0668	
57	52.29	1.7482	47.55	0.0668	
58	52.43	1.7437	394.42	0.0668	
59	52.56	1.7399	31.20	0.0668	A
60	57.13	1.6110	30.23	0.0668	
61	57.36	1.6051	855.73	0.0668	
62	57.52	1.6011	55.26	0.0668	A
63	57.63	1.5981	16.78	0.0668	

Diffraction Pattern Graphics



LAMPIRAN B. 3 Pengujian struktur Kristal Al_2O_3 dengan Vesta

Simulasi Tanpa Stik



Simulasi dengan Stik

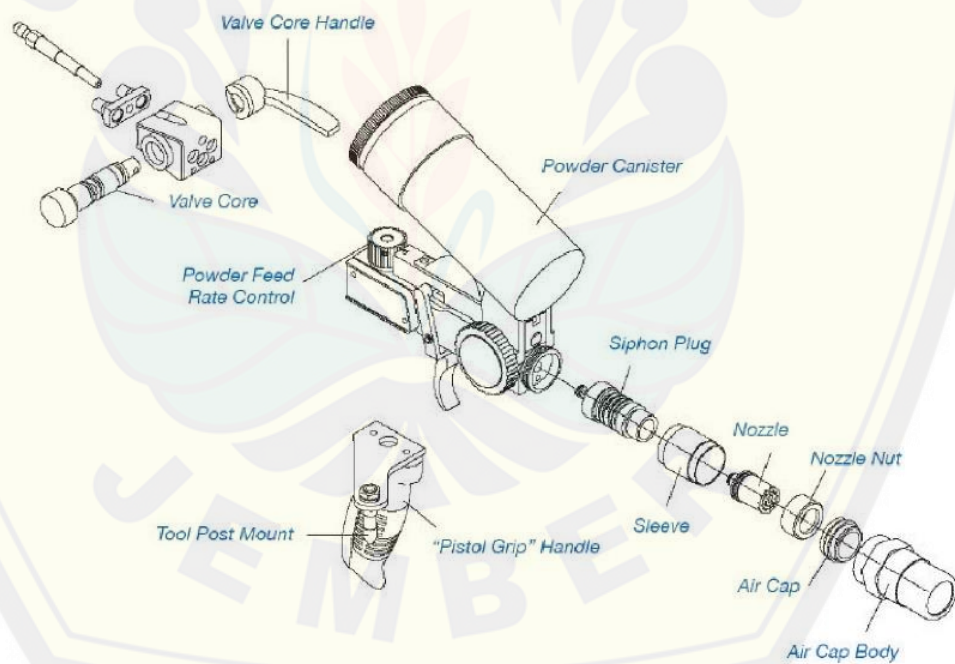
LAMPIRAN C. 1 ALAT



SPECIAL FEATURES

- 01 **Powder Hopper** : It is removable without need any tool.
- 02 **Flow Control Valve** : It has a numbered index dial for precise setting of feed rate of powder.
- 03 **Start-stop Trigger** : For easy start-stop of powder flow.
- 04 **Cylinder Valve** : Single lever valve - easy lightening of gun. No needle valve required for gas adjustment.

Powderjet-85 is supplied with complete kit having spark lighter, gas hose kit, valve lube, spare nozzle, O-rings, tool post fixture, dark glasses & instruction manual.



STANDARD ACCESSORIES	SUPPLEMENTARY ACCESSORIES	TYPICAL SPRAYING RATE OF 85 GUN	
Gas Control Unit : It consists of two-stage precision regulators for oxygen & acetylene.	☒ Cooling Vent	Powder	Spray Rate Kg/Hr
	☒ Fusing Torch		
	Gas Flowmeter : For regulating flow of gases & preventing backfire.	☒ Face Shield	Ni-Cr Self Fluxing Alloy
☒ Gritblast Gun		Cobalt Based Self Fluxing Alloy	08
☒ Gritblast Cabinet			
Vibrator (Optional) : It helps free flow of fine powders.	☒ Gun Manipulator	Ni-Al Alloy	2.7
	☒ Lathe Manipulator		
	☒ Spray Booth	Alumina-Titania	1.2
	☒ Surface Pyrometer		
	☒ Extension Nozzle		
	☒ Lathe Exhaust hood with Dust Collector	Chromium Oxide	1.2

PROPERTIES OF COATING POWDERS

When a material is flame-sprayed, a new & different material is created. This is why quality of coating depends upon quality of powder. A slight variation in powder chemistry can greatly influence the property of final coating. The particle size distribution in a powder can affect the density and porosity of the coating. The MEC Powders meet tough standards on chemical composition, particle shape & size, flow rate & purity. The following are few powders most commonly used, but list is non ending.

NICKEL ALUMINIUM ALLOY

[A] MEC-1037 [Ni-Al 95/5]
 Nickel aluminium composite that reacts exothermically during spraying. General purpose Bond Coat. Produces dense & self bonding coating. Good resistance to thermal shock & oxidation. HARDNESS : 75 R_c

[B] MEC-1087 [Ni-Al-Mo 90/5/5]
 Nickel-aluminium-molybdenum composite, for general purpose, medium hard coating for hard bearing and wear resistant applications. Coating is tough & can withstand impact. HARDNESS : 75 R_c

NICKEL BASED SELF FLUXING ALLOY

[A] MEC-1260 [Ni-Cr-Fe-Si-B]
 Nickel based self fluxing alloy. Produces hard, dense and porefree coating that is fusible. Good resistance to corrosion & wear by abrasive grains, hard surfaces, particle erosion, fretting & cavitation. Easy to fuse & will not crack even in thick build up. HARDNESS : 60 R_c

CERAMIC POWDERS

[A] MEC-1011 [Al₂O₃-TiO₂ 97/3]
 Alumina-Titania (97/3) powder for good wear resistance to abrasion & erosion. It can be used in many environments including most acids and alkalies. HARDNESS : 50 R_c

[B] MEC-1070 [Al₂O₃-TiO₂ 60/40]
 Contains 60% aluminium oxide & balance titanium oxide for highly abrasion resistant coating with good corrosion resistance. It can be used for thread guide to resist abrasive fibers. HARDNESS : 60 R_c

[C] MEC-1025 [Cr₂O₃]
 Pure chromium oxide powder, suitable for wear due to abrasion, corrosion, oxidation, fretting or erosion resistance coating. Coating will be dense and can be used on pump seal areas, ground rolls and wear rings. HARDNESS : 60 R_c



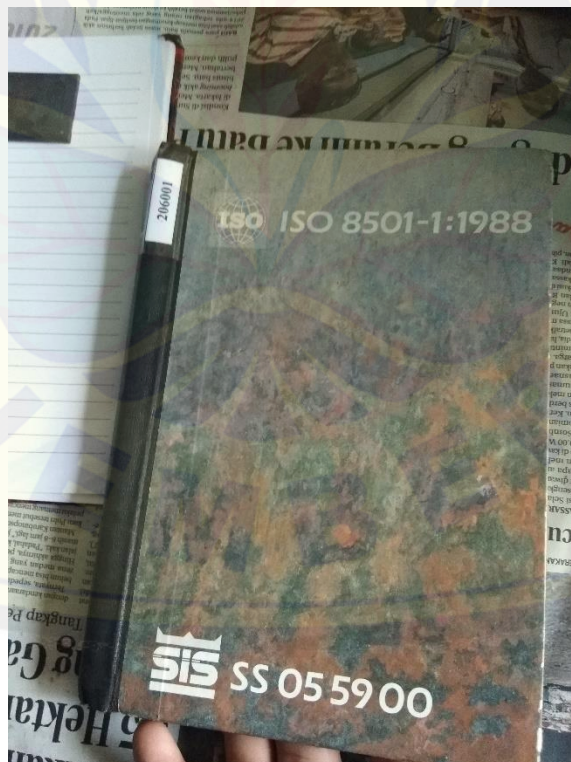
Spesifikasi Alat



Penanda Sampel



Pressure gauge



Buku pedoman ISO 8501-1



Grit Blasting panel control



Pull Of Test



Ruang grit blasting



Higrometer

DEW POINT and RH TABLE
Comparison of Dry - Wet Bulb Temperature

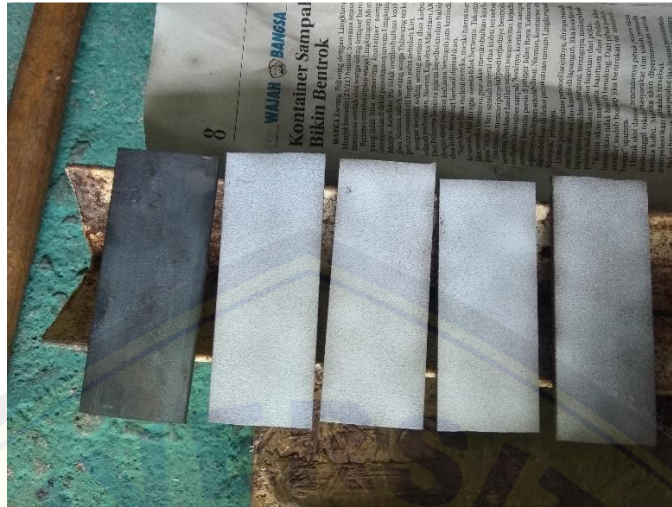
Dry Bulb	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
24,5	96	92	88	84	81	77	75	70	66	63	60	56
24	94	90	86	82	79	75	72	67	63	60	57	53
23,5	92	88	84	80	77	73	70	65	61	58	55	51
23	90	86	82	78	75	71	68	63	59	56	53	49
22,5	88	84	80	76	73	69	66	61	57	54	51	47
22	86	82	78	74	71	67	64	59	55	52	49	45
21,5	84	80	76	72	69	65	62	57	53	50	47	43
21	82	78	74	70	67	63	60	55	51	48	45	41
20,5	80	76	72	68	65	61	58	53	49	46	43	39
20	78	74	70	66	63	59	56	51	47	44	41	37
19,5	76	72	68	64	61	57	54	49	45	42	39	35
19	74	70	66	62	59	55	52	47	43	40	37	33
18,5	72	68	64	60	57	53	50	45	41	38	35	31
18	70	66	62	58	55	51	48	43	39	36	33	29
17,5	68	64	60	56	53	49	46	41	37	34	31	27
17	66	62	58	54	51	47	44	39	35	32	29	25
16,5	64	60	56	52	49	45	42	37	33	30	27	23
16	62	58	54	50	47	43	40	35	31	28	25	21
15,5	60	56	52	48	45	41	38	33	29	26	23	19
15	58	54	50	46	43	39	36	31	27	24	21	17
14,5	56	52	48	44	41	37	34	29	25	22	19	15
14	54	50	46	42	39	35	32	27	23	20	17	13
13,5	52	48	44	40	37	33	30	25	21	18	15	11
13	50	46	42	38	35	31	28	23	19	16	13	9
12,5	48	44	40	36	33	29	26	21	17	14	11	7
12	46	42	38	34	31	27	24	19	15	12	9	5
11,5	44	40	36	32	29	25	22	17	13	10	7	3
11	42	38	34	30	27	23	20	15	11	8	5	1
10,5	40	36	32	28	25	21	18	13	9	6	3	-1
10	38	34	30	26	23	19	16	11	7	4	1	-3
9,5	36	32	28	24	21	17	14	9	5	2	-1	-5
9	34	30	26	22	19	15	12	7	3	0	-3	-7
8,5	32	28	24	20	17	13	10	5	1	-2	-5	-9
8	30	26	22	18	15	11	8	3	-1	-4	-7	-11
7,5	28	24	20	16	13	9	6	1	-3	-6	-9	-13
7	26	22	18	14	11	7	4	-1	-5	-8	-11	-15
6,5	24	20	16	12	9	5	2	-3	-7	-10	-13	-17
6	22	18	14	10	7	3	0	-4	-8	-11	-14	-18
5,5	20	16	12	8	5	1	-2	-6	-9	-12	-15	-19
5	18	14	10	6	3	-1	-4	-7	-10	-13	-16	-20
4,5	16	12	8	4	1	-3	-6	-9	-12	-15	-18	-22
4	14	10	6	2	-1	-5	-8	-11	-14	-17	-20	-24
3,5	12	8	4	0	-3	-6	-9	-12	-15	-18	-21	-25
3	10	6	2	-2	-5	-8	-11	-14	-17	-20	-23	-27
2,5	8	4	0	-4	-7	-10	-13	-16	-19	-22	-25	-29
2	6	2	-2	-6	-9	-12	-15	-18	-21	-24	-27	-31
1,5	4	0	-4	-8	-11	-14	-17	-20	-23	-26	-29	-33
1	2	-2	-6	-10	-13	-16	-19	-22	-25	-28	-31	-35
0,5	0	-4	-8	-12	-15	-18	-21	-24	-27	-30	-33	-37

Tabel Dew point dan Relative Humandity

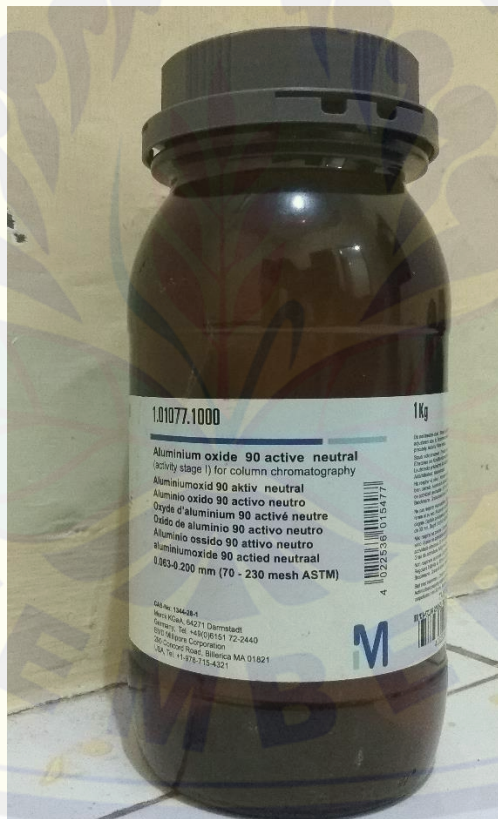
LAMPIRAN C. 2 BAHAN



Baja Plat ST41



Coating Al₂O₃



Auminum Oxide (Al₂O₃Merck)



Lem Araldite



Dolly pull of test