

**KARAKTERISTIK PADA LOGAM BAJA PADUAN DENGAN
MENGUNAKAN METODA *X-RAY FLUOROSENCE* (XRF)
DAN *OPTICAL EMISSION SPECTROSCOPY* (OES)**

SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta Untuk Memenuhi Sebagian
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains**

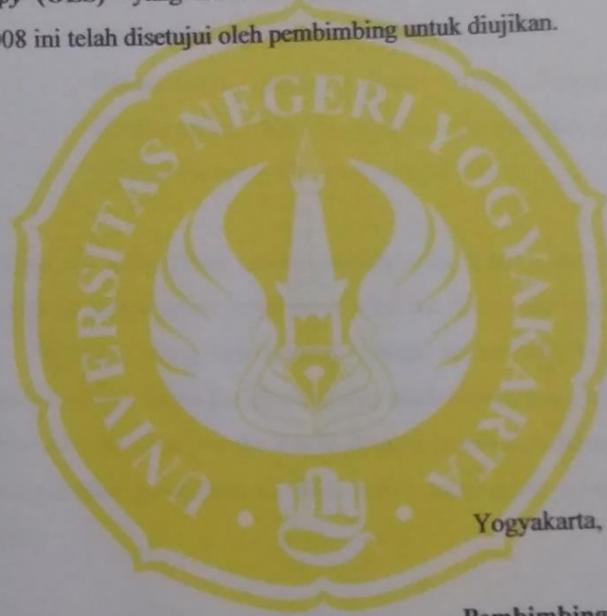


**Disusun oleh:
RISKY HIDAYAT SANTOSO PUTRA
14306141008**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2018**

PERSETUJUAN

Skripsi ini berjudul “Karakteristik pada Logam Baja Paduan dengan Menggunakan Metoda *X-Ray Fluoresence (XRF)* dan *Optical Emission Spectroscopy (OES)*” yang disusun oleh Risky Hidayat Santoso Putra, NIM 14306141008 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 20 Maret 2018

Pembimbing I,

(Fernandez, ST)

T494875

Pembimbing II,

(Dr. Ariswan)

NIP 195909141988031003

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Risky Hidayat Santoso Putra

NIM : 14306141008

Jurusan / Prodi : Pendidikan Fisika / Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

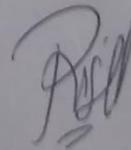
Judul : Karakteristik pada Logam Baja Paduan dengan Menggunakan Metoda *X-Rays Fluoresence* (XRF) dan *Optical Emission Spectroscopy* (OES)

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini benar – benar karya saya sendiri, sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah atau tugas akhir skripsi yang telah lazim.

Pernyataan ini oleh penulis dibuat dengan penuh kesadaran dan apabila ternyata terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 20 Maret 2018

Yang menyatakan,



Risky Hidayat Santoso Putra

NIM 14306141008

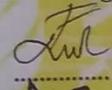
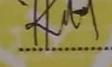
PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul
**KARAKTERISTIK PADA LOGAM BAJA PADUAN DENGAN
MENGUNAKAN METODA X-RAY FLUOROSENCE (XRF)
DAN OPTICAL EMISSION SPECTROSCOPY (OES)**

Disusun Oleh :
Risky Hidayat Santoso Putra
143061414008

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi
Fisika Universitas Negeri Yogyakarta
Pada tanggal 11 April 2018

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Fernandez, S.T</u> T494875	Ketua Penguji		11-04-2018
<u>Dr. Ariswan</u> NIP. 195909141988031003	Sekretaris Penguji		03-05-2018
<u>Rita Prasetyowati, M.Si</u> NIP. 198007282006042001	Penguji I (Utama)		03-05-2018

Yogyakarta, 11 Mei 2018

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta



Dr. Hartono, M.Si

NIP. 19620329198702 1 002

MOTTO

“ Pencapaian hidup seseorang, bukan dilihat dari prestasi dan cara ia berhasil meraih impiannya. Namun yang menjadi pertanyaan ialah, Apa yang akan kau dapatkan setelah mimpi – mimpimu tercapai ? ”

- Risky Hidayat Santoso Putra

“Terkadang kita harus mundur beberapa langkah, hanya untuk bisa melompat lebih jauh kedepan”

- Risky Hidayat Santoso Putra

“Dua hal yang dicintai Allah, sabar dan tenang”

- HR Muslim

“Tidaklah seorang muslim tertimpa keletihan, sakit, kebingungan, kesedihan hidup, atau bahkan tertusuk duri, kecuali allah menghapus dosa – dosanya”

- HR.Muttafaq Alaih

PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini teruntuk :

Kedua orangtua tua yang tak pernah berhenti memberikan doa, dukungan, dan banyak hal yang berarti serta nasihat – nasihatnya, Bapak Drs. Puji Santoso dan Ibu Nur Hidayati,

Kedua adikku yang senantiasa memberikan doa, semangat, canda tawa, dan motivasi agar selalu melangkah kedepan, Moch.Rohiki Santoso Putra dan Raishya Tri Maulidya Santoso Putri,

Teman – Teman seperjuangan skripsi logam baja stainless steel yang selalu saling mengingatkan, memotivasi, dan bergerak bersama, Eka Maulana Badarin Latama Putra dan Saedatul Fatimah

Universitas Negeri Yogyakarta, dan

Negara Kesatuan Republik Indonesia

UCAPAN TERIMA KASIH

- ♥ Seorang kekasih yang selalu memberikan dukungan, doa, motivasi, semangat, dan canda tawa serta kasih sayang dan kesabaran,
- ♥ Keluarga Besar PT. Petrokimia Gresik, Khususnya Inspeksi Teknik Khusus (ISTEKSUS), atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan,
- ♥ Keluarga Besar Fisika Angkatan 2014, Khususnya FISIKA B 2014,
- ♥ Keluarga Besar OKO PLACE 244, teman – teman kontrakan 244 (Aa Fajar, Mas Kholis N.H, Mas Arga Brastendar, Mas Aryo Seno, Mas Fauzi Fahrury, Mas Gana Yuriko, Mas Tito, Mas Norman, Mas Arif “Bouncu”, Mas Mumu, Mas Pimen, Hafif, Yastrib Ramadhan, dan Ganjar,
- ♥ Keluarga Besar HIMAFI UNY, Khususnya Keluarga Besar PPSDM,
- ♥ Keluarga Besar BEM REMA UNY, Khususnya Keluarga Besar Kementerian Luar Negeri (MENLU),
- ♥ Keluarga Besar KSI-MiST FMIPA UNY, Khususnya Keluarga Besar KESRA,
- ♥ Keluarga Besar SEKRUP FMIPA UNY, Teman – Teman Akustik dan Band,
- ♥ Keluarga Besar KKN A-174 Wonogiri dan Keluarga Besar KKN B-174 2017,
- ♥ Keluarga Besar OSIS SMA Negeri 5 Kediri, Khususnya Angkatan 2014 yang selalu kompak mesti sudah terpisahkan masing – masing,
- ♥ Teman – Teman *Crew Photography* Kediri Night Festival dan teman – teman Optimus Event Organizer Kediri,
- ♥ Para “*HATERS*” atas kritikan dan masukan untuk saya,
- ♥ Para “ MANTAN ” yang telah memberi motivasi sehingga dapat segera menyelesaikan Skripsi ini,
- ♥ Tentor Bahasa Inggris Terbaikku, Dian Islamiaty.

♥ Serta teman – teman yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

**Karakteristik Pada Logam Baja Paduan dengan Menggunakan
Metoda *X-Rays Fluorosence* (XRF) dan *Optical Emission Spectroscopy* (OES)**

Oleh

Risky Hidayat Santoso Putra, Fernandez, S.T, Dr. Ariswan

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNY

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung dalam material logam baja *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel*; Menghitung nilai hubungan intensitas dengan persentase unsur logam baja yang diuji (Cr,Ni) yang berpengaruh dalam proses korosi suatu logam; Mengetahui karakteristik dari setiap material baja paduan jenis *Zeron 100*, SS-310, 17-4PH, dan SS-304; Mengetahui perbandingan hasil uji yang digunakan dari alat *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Rays Fluorosence* (XRF) dan *ARC Met 8000* dengan prinsip *Optical Emission Spectroscopy* (OES) untuk lebih cepat dalam melakukan proses pengujian.

Data penelitian diperoleh melalui hasil uji persentase kandungan unsur yang terkandung dengan nilai intensitas tertinggi menggunakan XRF XL-2 GOLDD berbasis *X-Rays Fluorosence* (XRF) dan besar persentase unsur yang terkandung menggunakan Arc Met 8000 berbasis *Optical Emission Spectroscopy*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat berbagai unsur yang terkandung diantaranya Ni, Fe, Mn, Cr, S, Si, P, Co, Mo dengan komposisi unsur tertinggi ialah unsur Besi (Fe), *Kromium* (Cr), dan *Nickel* (Ni). Hasil uji *Kromium* (Cr) dengan *Peak* 5,42 KeV dan *Nickel* (Ni) dengan *Peak* 7,28 KeV, jenis *Zeron 100* memiliki kandungan *Kromium* sebesar 24,90% dan *Nickel* 6,80%, jenis SS-310 memiliki kandungan *Kromium* sebesar 23,90% dan *Nickel* 19,33%, jenis 17-4PH memiliki kandungan *Kromium* sebesar 15,4% dan *Nickel* 4,1%, dan jenis SS-304 memiliki kandungan *Kromium* sebesar 17,96,9% dan *Nickel* 7,71%.

Dari keempat jenis logam tersebut, Jenis *Zeron 100* memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi karena tergolong ke dalam jenis *Super Duplex Steel*. Adapun urutan jenis logam ditinjau dari yang sangat baik tahan terhadap korosi yaitu jenis *Zeron 100*, SS-310, 17-4PH, dan SS-304.

Kata Kunci : Karakteristik Logam, Kandungan Unsur Logam, XRF, OES

Characteristic Of Alloy Stainless Steel By Using Method Of X-Rays Fluorescence (XRF) And Optical Emission Spectroscopy (OES)

By

Risky Hidayat Santoso Putra

143061414008

ABSTRACT

This study aims to determine the composition of the elements contained in *Stainless steel*, *Alloy steel*, and *Carbon steel*; To Calculate the intensity relation value with the percentage of the tested metal element (Cr,Ni) having an effect on the corrosion process of a metal; To Know the characteristics of each type alloy steel material *Zeron 100*, SS-310, 17-4PH, and SS-304; To Know comparison of test result used from the *Niton XL2 GOLDD* tool with the *X-Rays Fluorescence (XRF)* principle and used from the *ARC Met 8000* tool with the *Optical Emission Spectroscopy (OES)* principle to be faster in the testing process.

The research data is obtained through test result of Peak content or big value of excitation energy and percentage of element content by XR-XRF XL-2 GOLDD based on X-Rays Fluorescence (XRF) and Arc Met 8000 based on Optical Emission Spectroscopy.

The results of this study indicate that the characteristics of chromium in peak of 5.42 KeV and Nickel at peak of 7.28 KeV on each type test samples. Zeron 100 has 24.9% Chromium and 6.8% Nickel, SS-310 has Chromium content of 23.90% and Nickel 19.33%, 17-4PH has Chromium content of 15.4% and Nickel 4.1%, and SS-304 has Chromium content of 17.96% and Nickel 7.71%. Of the four types of metals shows that metal with Zeron 100 type has excellent resistance to corrosion, it can be seen from the very high chromium content. The order of metal types is reviewed from excellent corrosion resistant types of metal Zeron 100, SS-310, 17-4PH, and SS-304.

Keywords: Characteristics of Metals, Metal Elements Content, XRF, OES

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir Skripsi yang berjudul “**Karakteristik Pada Logam Baja Paduan dengan Menggunakan Metoda *X-Ray Fluoresence (XRF)* Dan *Optical Emission Spectroscopy (OES)***” dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian ini merupakan penelitian kerjasama antara PT. PETROKIMIA GRESIK dengan Prodi Fisika, Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta. Hasil penelitian ini akan digunakan sebagai data awal dalam pengambilan kebijakan bagi Pabrik Pupuk dan Bahan Kimia PT. PETROKIMIA GRESIK di Gresik, Jawa Timur dalam mengawasi dan melakukan pencegahan korosi di dalam proses produksi di pabrik.

Pada kesempatan ini, penulis tidak lupa menyampaikan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, memberi pengarahan, bimbingan, serta dukungan. Ucapan terima kasih ini saya haturkan kepada :

1. Allah S.W.T .
2. Rasulullah S.A.W suri tauladan kami yang memberikan motivasi dan spirit untuk selalu berjuang dijalan Allah S.W.T.
3. Bapak Yusman Wiyatmo, M.Si, selaku Kepala Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Drs. Nur Kadarisman, M.Si, selaku Kepala Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bapak Fernandez ,ST, selaku Pembimbing I Tugas Akhir Skripsi di PT. PETROKIMIA GRESIK yang telah memberikan arahan dalam

proses pengambilan data dan pengolahannya selama berjalannya penelitian dan penyusunan tugas akhir ini dengan baik.

6. Bapak Dr. Ariswan, selaku Pembimbing II Tugas Akhir Skripsi di Universitas Negeri Yogyakarta yang telah membimbing dan memberikan pengarahan selama berjalannya penelitian sampai penyusunan tugas akhir ini dengan baik.
7. Bapak Bambang Ruwanto, M.Si, selaku Pembimbing Akademik (PA) kami yang selalu mengarahkan yang terbaik bagi kami dan banyak memberikan arahan terkait perkuliahan di Prodi Fisika UNY.
8. Ayah dan Ibu tercinta, atas segala doa, dukungan dan kasih sayangnya.
9. Staff dan Karyawan PT. PETROKIMIA GRESIK khususnya bagian Inspeksi Teknik Khusus (ISTEKSUS) yang menyediakan waktu bagi saya jika dalam pelaksanaan proses pengambilan dan pengolahan data ini saya mengalami kesulitan.
10. Seluruh Staff Dosen dan Karyawan Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
11. Tim Penelitian Material Logam, Eka Maulana dan Saedatul Fatimah, terima kasih atas bantuan tenaga dan pikiran yang telah diberikan selama ini.
12. Seluruh Keluarga Kontrakan 244 Karangnongko yang telah banyak memberikan semangat, berbagi pengalaman, motivasinya, dan memberikan dorongan untuk segera menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
13. Teman – teman Fisika B 2014, atas seluruh bantuan, kerjasama, pengalaman, canda tawa yang telah diberikan, serta saling mendoakan yang terbaik satu sama lain.
14. Keluarga besar HIMAFI atas inspirasi dan suntikan semangat yang telah kalian berikan.

15. Keluarga besar BEM REMA UNY yang telah banyak menginspirasi dan memberikan banyak pengalaman serta memberikan nilai lebih atas indahnya kekeluargaan.
16. Serta semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu sehingga selesainya Tugas Akhir Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan penelitian selanjutnya. Meski demikian kami tetap berharap bahwa dengan penulisan ini, dapat memberikan wawasan dan pemahaman mengenai masalah proses pengujian komposisi material logam baja paduan *Stainless Steel*. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perusahaan, kemajuan ilmu pengetahuan dan dunia pendidikan, terutama fisika, serta bagi teman-teman mahasiswa pada khususnya. Amiin.

Yogyakarta , 12 November 2017

Risky Hidayat Santoso Putra

DAFTAR ISI

	hal
SAMPUL JUDUL	i
PERSETUJUAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
ABSTRAK	viii
ABSTACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
1. Bagi Mahasiswa	5
2. Bagi Universitas	6
3. Bagi Perusahaan / Instansi	6
G. Batasan Operasional	7
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	8
1. Logam	8

2. <i>Non-Destructive Test</i> (NDT)	29
3. Jenis <i>Stainless Steel</i>	30
4. Korosi	34
5. Karakteristik Logam Jenis	42
6. <i>X-Rays Fluorosence</i> (XRF)	47
7. <i>Optical Emission Spectroscopy</i> (OES)	55
8. Kandungan Unsur	62
B. Kerangka Berpikir	65
C. Hipotesis	66
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Lokasi Penelitian	67
1. Waktu Penelitian	67
2. Lokasi Penelitian	67
B. Alat dan Bahan	67
1. Alat Penelitian	67
2. Bahan Penelitian	67
C. Objek Penelitian	67
D. Variabel Penelitian	68
1. Variabel Bebas	68
2. Variabel Kontrol	68
3. Variabel Terikat	68
E. Cara Kerja	68
1. Teknik Pengambilan Data <i>X-Rays Fluorosence</i> (XRF).....	68
2. Teknik Pengambilan Data <i>Optical Emission Spectroscopy</i>	70
F. Diagram Alir Penelitian	71
1. Diagram Alir Penelitian Menggunakan XRF XL-2 GOLDD	71
2. Diagram Alir Penelitian Menggunakan ARC MET 8000	72
G. Analisis Data	74
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Komposisi Unsur Logam Baja <i>Stainless Steel</i> Penelitian	78
B. Hubungan Intensitas dengan Komposisi Unsur Logam	89

C. Karakterisasi Setiap Logam Baja <i>Stainless Steel</i> Penelitian	92
D. Perbandingan Hasil Uji Alat XRF dengan OES.....	97
BAB V. PENUTUP	
A. Kesimpulan	100
B. Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Tabel Periodik Unsur	8
Gambar 2.	<i>Ferrous Alloys</i>	26
Gambar 3.	Logam Titanium yang Termasuk Kedalam Jenis Logam Non-Ferro	28
Gambar 4.	Korosi pada Logam	34
Gambar 5.	Proses Pengkorosian Logam	37
Gambar 6.	XRF Portable	48
Gambar 7.	XRF Proses	50
Gambar 8.	Penjelasan Prinsip Kerja XRF	51
Gambar 9.	<i>Optical Emission Spectroscopy (OES)</i>	56
Gambar 10.	<i>Schematic View of Optical System</i>	58
Gambar 11.	<i>Arc Mett 8000</i> Berbasis OES	60
Gambar 12.	Kerangka Berpikir	65
Gambar 13.	Diagram Alir Menggunakan <i>Niton XL-2 GOLDD</i> Berbasis <i>X-Rays Fluoresence (XRF)</i>	71
Gambar 14.	Diagram Alir Menggunakan <i>Arc Mett 8000</i> Berbasis <i>Optical Emission Spectroscopy (OES)</i>	72
Gambar 15.	Hasil Uji dengan XRF Logam Jenis <i>Zeron 100</i>	79
Gambar 16.	Hasil Uji dengan XRF Logam Jenis SS-310	80
Gambar 17.	Hasil Uji dengan XRF Logam Jenis 17-4PH	81
Gambar 18.	Hasil Uji dengan XRF Logam Jenis SS-304	82
Gambar 19.	Grafik Perbandingan Unsur Tiap Jenis Logam	88
Gambar 20.	Grafik Hasil Uji XRF Kandungan Kromium (Cr)	90
Gambar 21.	Grafik Hasil Uji XRF Kandungan Nikel (Ni)	91
Gambar 22.	Nomer UNS Logam Jenis <i>Zeron 100</i>	92
Gambar 23.	Nomer UNS Logam Jenis SS-310	93
Gambar 24.	Nomer UNS Logam Jenis 17-4PH	94
Gambar 25.	Nomer UNS Logam Jenis SS-304	96

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Besar Titik Lebur Logam dan Oksida Logam	11
Tabel 2	Besar Daya Hantar Panas Perpindahan Kalor	12
Tabel 3.	Besar Kalor Jenis Zat	13
Tabel 4.	Besar Daya Hantar Listrik	14
Tabel 5.	Kekuatan Bahan (<i>Stength</i>)	16
Tabel 6.	Kekerasan Bahan (<i>Hardness</i>)	17
Tabel 7.	Macam – Macam Logam Paduan dan Kegunaanya	23
Tabel 8.	Perbedaan Sifat Logam dan Non - Logam	24
Tabel 9.	Kelebihan dan Kekurangan <i>X-Rays Fluorosence (XRF)</i>	53
Tabel 10.	Reference : Characteristic X-Rays Energies KeV	54
Tabel 11.	Kelebihan dan Kekurangan <i>Optical Emission Spectroscopy</i>	59
Tabel 12.	Besar Intensitas Logam Baja Paduan Berdasarkan XRF	74
Tabel 13.	Persentase Kandungan Unsur Penyusun Logam Jenis (XRF)	75
Tabel 14.	Data Hasil Uji <i>Optical Emission Spectroscopy (OES)</i>	76
Tabel 15.	Nilai Kandungan XRF Jenis Logam <i>Zeron 100</i>	83
Tabel 16.	Nilai Kandungan XRF Jenis Logam SS-310	84
Tabel 17.	Nilai Kandungan XRF Jenis Logam 17-4PH	85
Tabel 18.	Nilai Kandungan XRF Jenis Logam SS-304	86
Tabel 19.	Hasil Rata – Rata Kandungan Unsur Logam	87
Tabel 20.	Tabel Hasil Uji dengan XRF Diketahui Persentase Kandungan	89
Tabel 21.	Tabel Hasil Uji dengan XRF Diketahui Intensitas Kandungan	90
Tabel 22.	Perbedaan Kandungan Logam Jenis SS-310	97
Tabel 23.	Perbedaan Kandungan Logam Jenis SS-304.....	97
Tabel 24.	Perbedaan Kandungan Logam Jenis 17-4PH	98
Tabel 25.	Perbedaan Kandungan Logam Jenis <i>Zeron 100</i>	98

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.	Spektrum dan Analisis Data pada Alat	106
LAMPIRAN 2.	Data Hasil Penelitian	113
LAMPIRAN 3.	Grafik Hasil Pengolahan Data	120
LAMPIRAN 4.	ASTM (<i>American Standart of Mechanical Engineer</i>).....	126
LAMPIRAN 5.	Surat Ijin Penelitian	129
LAMPIRAN 6.	Dokumentasi	131

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dunia industri, alat produksi maupun alat penunjang produksi tidak terlepas dari material yang berasal dari logam, oleh karena itu alat produksi dan alat penunjang produksi menjadi faktor yang penting untuk menghasilkan produk yang berkualitas nantinya. Material logam yang menjadi bahan dasar dalam alat produksi maupun penunjang produksi tersebut harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan perusahaan untuk tercapainya efisiensi dalam suatu kegiatan produksi di industri. Untuk mengetahui material logam yang memenuhi spesifikasi, maka harus dilakukan karakterisasi material, dimana nantinya material logam tersebut dapat memiliki sifat – sifat yang dibutuhkan dalam menunjang produksi. Mengetahui komposisi suatu material adalah faktor penting untuk meningkatkan kualitas material yang digunakan dalam proses produksi di industri.

Didalam rangka mewujudkan Indonesia sebagai negara industri, Saleh Husian (Menteri Perindustrian) mengatakan, untuk mewujudkan visi Indonesia tahun 2018 yaitu pemantapan daya saing industri yang berkelanjutan serta terbangunnya pilar industri andalan masa depan dan untuk menunjang visi industri 2025 dengan menjadi negara maju di dunia, Kementrian industri perlu untuk menyiasati perkembangan dalam bidang industri dunia dan regional dalam rangka merebut peluang – peluang yang ada untuk menunjang perkembangan Industri di dalam negeri (Alfonsius, 2015).

Indonesia termasuk salah satu konsumen sekaligus produsen logam baja yang besar. Berdasarkan data Kementrian Perindustrian, industri logam baja dasar Indonesia tumbuh sebesar 12,74 % pada semester I Tahun 2016 dan saat ini konsumsi logam baja paduan di Indonesia mencapai 14,74 Juta ton (Angghoro, dkk, 2015).

Suatu Industri memiliki fungsi utama yaitu fungsi produksi, fungsi administrasi, serta fungsi pemasaran, dimana ketiganya bergerak secara

beriringan, efisiensi, dan efektif. Proses produksi merupakan salah satu penentu dalam mencapai keuntungan, dimana dalam proses ini akan berlangsung proses produksi yang dibutuhkan suatu industri. Untuk meningkatkan produksi, industri dituntut untuk dapat meminimalisir *waste* yang ada di dalam proses produksi, diantaranya adalah kesalahan pada mesin, cacat pada produksi dan alat, dan masih banyak lainnya (Surikno,2008).

Salah satu industri yang tumbuh dan berkembang saat ini adalah PT. Petrokimia Gresik yang merupakan salah satu industri pupuk terlengkap di Indonesia yang mempunyai status Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dan bernaung dibawah Kementerian BUMN. PT Petrokimia Gresik didirikan pada tahun 1960 berdasarkan Perintah Presiden Negara Republik Indonesia yang pertama yaitu Ir. Soekarno. Berdasarkan SK Kementerian Hukum & HAM Republik Indonesia, Nomor : AHU-17695. AH.01.02 Tahun 2012, PT. Petrokimia Gresik bergabung dengan seluruh perusahaan pupuk yang ada di Indonesia dengan membentuk sebuah *Holding Company* dibawah naungan PT. Pupuk Indonesia, Tbk. Pada saat ini PT. Petrokimia Gresik memiliki beberapa bidang usaha antara lain industri pupuk sebagai bidang usaha yang utama, industri pupuk, industri kimia, industri peralatan pabrik, jasa rancang bangun dan perekayasaan, jasa lainnya (Diah, 2016). Untuk menghasilkan produksi pupuk yang baik dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas. Kualitas dari pupuk yang dihasilkan sangatlah penting karena memajukan sektor pertanian dengan cara meningkatkan produktivitas pertanian salah satunya dengan menggunakan pupuk berkualitas tinggi. Untuk menjaga kualitas produksi pupuk, maka diperlukan suatu kegiatan pengawasan dan pengendalian mutu. Umumnya alat produksi pada industri khususnya PT.Petrokimia Gresik adalah berbasis material logam.

PT. Petrokimia Gresik menemukan berbagai macam kendala dalam menjalankan proses produksi pupuk. Salah satunya dalam hal pemilihan logam baja paduan *Stainless Steel* yang tepat digunakan dalam proses produksi. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan pengujian terhadap logam yang akan digunakan dalam proses industri. Dengan menguji kandungan komponen penyusun logam baja menggunakan *X-Rays Flourensence* untuk mengetahui besar

peak suatu unsur dan hasil spektrum serta persentase kandungan logam dan *Optical Emission Spectroscopy* untuk mengetahui persentase kandungan unsur.

Adapun sifat masing - masing logam berbeda, untuk itu diperlukan pengujian guna mengetahui karakteristik yang cocok diterapkan dan digunakan dalam proses produksi di dalam pabrik. Kita harus mengetahui dengan baik karakteristik logam yang akan digunakan agar meminimalisir kesalahan dalam bekerja yang dimulai dari hal paling dasar yaitu kondisi dari alat yang akan digunakan dalam proses produksi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut.

1. Belum dilakukan pengujian bahan logam sebelum dan sesudah pemakaian di pabrik.
2. Belum diketahui kandungan unsur yang terkandung dari jenis - jenis logam baja paduan yang berbeda.
3. Belum diketahui waktu yang dibutuhkan masing – masing kandungan logam hingga mencapai keadaan korosi.
4. Belum diketahui sifat / karakteristik dari logam baja paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* yang digunakan pada proses produksi.
5. Penerapan pada industri yang terkadang belum tepat penggunaannya di dalam pabrik, sesuai dengan kandungan unsur yang terkandung di dalamnya.

C. Batasan Masalah

Karena banyaknya permasalahan yang terdapat pada kajian ini dan keterbatasan peneliti dalam melakukan penelitian, maka diperlukan batasan-batasan dalam penelitian ini, Dalam penelitian ini yang menjadi batasan masalah akan dipaparkan sebagai berikut.

1. Logam yang diteliti dalam penelitian ini adalah logam baja paduan jenis *Zeron 100*, *SS-310*, *17-4PH*, *SS-304*.
2. Uji karakterisasi yang dilakukan menggunakan *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Rays Fluoresence (XRF)* untuk mengetahui Kandungan unsur yang terkandung serta hasil spektrumnya dan *ARC Met 8000* dengan prinsip *Optical Emission Spectroscopy (OES)* untuk mengetahui persentase unsur yang terkandung di dalamnya.
3. Parameter pengujian yang digunakan adalah intensitas energi yang terpancar dari alat XRF, bentuk gelombang yang dihasilkan dari alat XRF, persentase kandungan logam dari alat XRF dan OES, massa bahan yang akan diuji.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Apa saja komposisi unsur yang terkandung dalam material logam baja paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* dengan jenis *Zeron 100*, *SS-310*, *17-4PH*, *SS-304* yang digunakan dalam proses produksi ?.
2. Berapa nilai hubungan puncak intensitas dengan persentase unsur logam yang diuji (Cr,Ni) yang berpengaruh dalam proses korosi suatu logam ?.
3. Bagaimana karakteristik dari setiap material logam baja paduan dengan jenis *Zeron 100*, *SS-310*, *17-4PH*, *SS-304* yang digunakan dalam pabrik ditinjau dari unsur yang terkandung ?.
4. Bagaimana perbandingan hasil uji yang digunakan dari alat *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Ray Fluoresence (XRF)* dan *ARC Met 8000* dengan prinsip *Optical Emission Spectroscopy (OES)* ?.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui komposisi unsur yang terkandung dalam material logam paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* yang digunakan dalam proses produksi.
2. Menghitung nilai hubungan intensitas dengan persentase unsur logam yang diuji (Cr,Ni) yang berpengaruh dalam proses korosi suatu logam.
3. Mengetahui karakteristik dari setiap material logam baja paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* dengan jenis *Zeron 100*, *SS-310*, *17-4PH*, *SS-304* yang digunakan dalam pabrik.
4. Mengetahui perbedaan perbandingan hasil uji yang digunakan dari alat *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan *ARC Met 8000* dengan prinsip *Optical Emission Spectroscopy (OES)*, untuk lebih tepat dalam melakukan proses pengujian.

F. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa

- a. Menambah ilmu tentang karakteristik sebuah logam yang bisa digunakan dalam penelitian selanjutnya untuk pengembangan jenis logam baru yang nilai kandungan dan intensitasnya tahan terhadap korosi.
- b. Memberikan informasi tentang jenis – jenis material logam baja paduan dengan sampel logam baja paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* dengan jenis *Zeron 100*, *SS-310*, *17-4PH*, *SS-304* yang digunakan dalam proses produksi.
- c. Mahasiswa dapat mengetahui prinsip kerja *XRF* dan *OES*, mengetahui sifat-sifat fisis dari suatu logam dengan melihat dari banyaknya unsur-unsur yang terkandung, mengetahui hal-hal maupun kebutuhan yang diperlukan dalam bidang industri sehingga

nantinya diharapkan mampu menggali ilmu lebih banyak di perguruan tinggi dan menerapkan ilmu yang telah didapat dalam dunia kerja.

- d. Mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mencapai korosi dari berkurangnya kandungan logam tersebut.
- e. Menambah pengetahuan mengenai ilmu fisika yang berkaitan dengan ilmu metalurgi, khususnya tentang jenis logam, pengujiannya dan kegunaan dalam bidang perindustrian

2. Bagi Universitas

- a. Mengetahui ilmu fisika yang berkaitan dengan ilmu metalurgi, khususnya tentang jenis logam, pengujiannya dan kegunaan dalam bidang perindustrian
- b. Terjalin hubungan kerjasama yang saling menguntungkan antara Fakultas/Jurusan/Program Studi FISIKA di FMIPA UNY dengan dunia kerja.
- c. Sebagai bahan masukan (*feedback*) yang dapat digunakan untuk evaluasi program-program pada Program Studi atau Jurusan FISIKA di FMIPA UNY.
- d. Dapat digunakan sebagai dasar penyusunan Kurikulum Program Studi atau Jurusan di FMIPA UNY dalam rangka menentukan kesesuaian kurikulumnya dengan kebutuhan lapangan kerja.
- e. Sebagai referensi penelitian yang kemudian dapat dilakukan lebih lanjut dan lebih mendalam.

3. Bagi Perusahaan

- a. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk lebih mengenal perusahaannya.
- b. Mendapatkan masukan, baik saran maupun gagasan dari mahasiswa atau dosen pembimbing yang dapat bermanfaat bagi pengembangan proses atau produk di instansi / perusahaan terkait.

- c. Terjalin hubungan kerjasama yang saling menguntungkan antara instansi/perusahaan dan Mahasiswa, Program Studi/Jurusan/Fakultas Fisika di FMIPA UNY.
- d. Data yang telah diolah dapat digunakan sebagai referensi untuk mengetahui karakteristik dari suatu logam agar dapat meminimalisir kecelakaan kerja.
- e. Membantu dalam proses analisis data sehingga dapat mempercepat proses produksi di dalam perusahaan.
- f. Memberikan hasil penelitian mengenai karakteristik dari suatu logam baja paduan dalam rangka meningkatkan kualitas di bidang Industri.

G. Batasan Operasional

Dari hasil penelitian ini terdapat batasan – batasan operasional, diantaranya sebagai berikut :

1. Logam baja paduan yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam baja dari proses produksi di Pabrik Pupuk dan Bahan Kimia PT.Petrokimia,Gresik.
2. Sampel logam baja paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* dengan jenis *Zeron 100*, *SS-310*, *17-4PH*, *SS-304*.
3. Pengambilan data dilakukan sejak pukul 08.00 – 13.00 WIB.
4. Peneilti hanya dibatasi pada pengujian *Kromium* dan *Nickel* untuk mengetahui unsur – unsur penyebab korosi.
5. Peneliti hanya dibatasi melakukan sampel untuk 4 Jenis Logam baja paduan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. KAJIAN TEORI

Pada kajian pustaka ini dibahas tentang berbagai hal yang terkait dengan penelitian logam baja paduan *Stainless Steel* diantaranya mengenai penjelasan Logam, *Non-Destructive Test (NDT)*, Jenis *Stainless Steel*, Korosi, Karakteristik Logam Jenis, *X-Rays Fluorescence (XRF)*, *Optical Emission Spectroscopy (OES)*, Kandungan Unsur.

1. Logam

Kata logam berasal dari bahasa Yunani: *Metallon* yaitu sebuah unsur kimia yang siap membentuk ion (kation) dan mempunyai sebuah ikatan logam, dan bisa dikatakan bahwa ia mirip dengan sebuah kation di awan elektron. Metal ialah salah satu dari tiga kelompok unsur yang dibedakan oleh suatu sifat ionisasi dan ikatan, bersama dengan sebuah metaloid dan nonlogam. Dalam tabel periodik, garis diagonal yang digambar dari boron (B) ke polonium (Po) yang membedakan logam dari nonlogam. Unsur dalam garis ini ialah metaloid, bisa juga disebut dengan semi-logam; unsur di kiri bawah ialah logam; unsur ke kanan atas ialah nonlogam (Sudarmadji, 1986).

©RumusHitung.com

Gambar 1. Tabel Periodik Unsur

(Sumber : www.rumushitung.com)

Material dapat berupa bahan logam dan non-logam. Bahan logam ini terdiri dari logam ferro dan non-ferro. Bahan logam ferro di antaranya besi, baja, dan besi cor, sedangkan logam non-ferro (bukan besi) antara lain emas, perak, dan timah putih. Bahan non-logam dapat dibagi menjadi bahan organik (bahan yang berasal dari alam) dan bahan anorganik. Logam mempunyai beberapa sifat antara lain: sifat mekanis, sifat fisis, dan sifat kimia (Angga, 2001)

a. Sifat Fisis Logam

Sifat fisis adalah sifat-sifat material yang bukan disebabkan oleh pembebanan. Misalnya saja seperti pengaruh terhadap pemanasan, pendinginan dan pengaruh arus listrik yang lebih mengarah pada perubahan struktur material. Biasanya perlakuan terhadap fisik suatu benda dalam hal ini adalah benda uji. Sifat fisis material yang perlu diketahui adalah porositas dan densitas. Porositas menunjukkan kemampuan bahan menyerap fluida atau mengikat hidrokarbon. Sedangkan densitas merupakan pengukuran massa setiap satuan volume benda. Dengan mengetahui densitas suatu material dapat ditentukan karakteristik dari material tersebut jika diberikan suatu perlakuan fisik. Dengan mengetahui dua sifat fisis material tersebut maka dapat dengan mudah diketahui karakteristik material terhadap perlakuan yang dilakukan. Sedangkan densitas merupakan sifat fisis yang memperlihatkan kerapatan antar butir pembentuk material. Dalam perumusan secara umum, densitas atau kerapatan merupakan pengukuran massa setiap satuan volume benda. Setiap zat memiliki kerapatan yang berbeda, sesuai dengan jarak antar atom penyusun benda tersebut (Mastur, 2002).

Dalam sifat fisis juga terdapat sifat – sifat khusus antara lain konduktivitas listrik, konduktivitas termal, sifat luster, massa jenis, tingkat kekerasan, dan titik lebur yang rendah hanya terdapat pada jenis logam tertentu. contoh : Logam umumnya memiliki nilai yang cukup tinggi dalam logam alkali dan logam alkali tanah, biasanya bersifat sangat reaktif. Jumlah elektron bebas yang tinggi di segala bentuk logam padat menyebabkan logam tidak pernah terlihat transparan (Benny, dkk, 2009)

Mayoritas logam mempunyai massa jenis yang lebih tinggi dari pada unsur non-logam. Meskipun demikian, variasi massa jenis ini perbedaannya

sangat besar, mulai dari litium sebagai logam dengan massa jenis paling kecil sampai osmium dengan logam dengan massa jenis paling besar

Sifat fisis adalah kemampuan logam terhadap peristiwa-peristiwa fisika. Untuk itu akan dijelaskan berikut ini.

1) Titik Lebur

Titik lebur merupakan temperatur dimana logam akan meleleh dan akhirnya mencair akibat panas yang diberikan pada tekanan tertentu. Titik lebur adalah suhu di mana terjadi perubahan zat padat menjadi cair. Gaya antar molekul memiliki pengaruh yang kuat pada titik lebur. Zat padat mirip dengan zat cair bahwa keduanya adalah kondisi yang terkondensasi, dengan partikel yang jauh lebih dekat bersama - sama daripada gas. Namun, sementara zat cair masih dalam bentuk cairan, zat padat tidak. Partikel pada zat padat yang dikemas erat bersama-sama dalam susunan yang teratur. Gerakan atom individual, ion, atau molekul di dalam zat padat dibatasi hanya gerak membentuk getaran sekitar titik tetap. Zat padat hampir sepenuhnya mampat dan merupakan bentuk terpadat dari tiga wujud zat. Saat zat padat dipanaskan, partikel akan bergetar lebih cepat karena zat padat menyerap energi kinetik. Akhirnya, organisasi partikel dalam struktur zat padat akan mulai rusak dan zat padat mulai mencair. Titik lebur adalah suhu di mana zat padat mengalami perubahan menjadi cair. Pada titik lebur, getaran pada partikel zat padat dapat mengatasi kekuatan gaya tarik menarik yang beroperasi pada zat padat. Titik lebur zat padat tergantung pada kekuatan gaya tarik menarik (Jean, 1987).

Tabel 1. Besar Titik Lebur Logam dan Oksida Logam

No.	Logam dan Oksida Logam	Suhu Lebur (°C)
1	Aluminium	657
2	Aluminium Oxide	2.020 – 2.050
3	Besi	1.535
4	Besi Tuang Kelabu	1.200
5	Baja Karbon Rendah	1.500
6	Baja Karbon Tinggi	1.300 – 1.400
7	Tembaga	1.083
8	Brass	850 – 900
9	Zinc	419
10	Oksida Zinc	1.600
11	Oksida Tembaga	1.236
12	Tin Bronze	850-950
13	FeO	1.370
14	Fe ₂ O ₃	1.565
15	Fe ₃ O ₄	1.527

(Sumber : <http://www.pengelasan.com/titik-lebur-logam/>)

2) **Kepadatan**

Faktor yang mempengaruhi dari kepadatan ini adalah berat dari atom dan jarak antar atom dari unsur-unsur pembentuknya. Semakin rapat jarak antar atom, maka nilai kepadatannya semakin tinggi (Jean, 1987).

3) **Daya hantar panas**

Merupakan kemampuan logam menghantarkan panas. Pada aplikasinya dibedakan menjadi konduktor, semi konduktor dan isolator. Daya hantar panas ini sebanding dengan kemampuan material untuk mengalirkan listrik. Daya hantar panas adalah perpindahan panas pada dua substansi dari sustansi yang bersuhu tinggi ke substansi yang bersuhu rendah dengan adanya kontak kedua sustansi secara langsung. Jika dua benda dengan suhu yang berbeda disentuhkan, dalam selang waktu tertentu suhu kedua benda akan sama. Inilah yang disebut dengan keseimbangan

termal. Hal ini terjadi akibat adanya perpindahan energi dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Energi yang berpindah inilah yang disebut sebagai kalor. Pengertian kalor berbeda dengan suhu. Suhu adalah derajat panas atau dinginnya sebuah benda, sedangkan kalor adalah energi yang dipindahkan oleh benda ke benda lain karena perbedaan suhu (Jean, 1987).

Tabel 2. Besar Daya Hantar Panas Perpindahan Kalor

No.	Nama Zat	Konduktivitas Termal (W/m°C)
1	Udara	0,024
2	Hidrogen	0,14
3	Oksigen	0,023
4	Bata Merah	0,6
5	Kaca	0,8
6	Aluminium	205
7	Tembaga	385
8	Baja	50,2

(Sumber : <http://fisikazone.com/perpindahan-kalor-kelas-10/>)

Oleh karena kalor merupakan salah satu bentuk energi, satuan kalor sama dengan satuan energi, yaitu Joule (J) atau satuan yang lebih besar kilojoule (kJ), 1 kJ = 1000 J. Ketika orang belum mengetahui bahwa kalor merupakan salah satu bentuk energi, orang sudah membuat satuan dari kalor, yaitu kalori. Sementara untuk satuan yang lebih besar digunakan kilokalori (kkal), 1 kkal = 1000 kal. Sampai saat ini pun satuan kalori masih digunakan, misalnya dalam bidang kesehatan. Jika suatu zat menerima kalor, suhu zat tersebut akan naik. Besarnya kenaikan suatu dari zat berbanding lurus dengan banyaknya kalor yang diterima oleh zat tersebut dan berbanding terbalik dengan massa serta kalo jenis zat. Jika kalor jenis suatu zat besar, untuk menaikkan suhu zat tersebut sebesar 1 dibutuhkan kalor yang banyak. Begitu pula jika massa zat besar, untuk menaikkan suhu zat tersebut sekitar 1 dibutuhkan kalor yang besar pula (Jean, 1987).

Tabel 3. Besar Kalor Jenis Zat

No.	Nama Zat	Kalor Jenis	
		J/Kg ⁰ C	Kkal/Kg ⁰ C
1	Alkohol	2.400	550
2	Es	2.100	500
3	Air	4.200	1.000
4	Uap Air	2.010	480
5	Aluminium	900	210
6	Besi / Baja	450	110
7	Emas	130	30
8	Gliserin	2.400	580
9	Kaca	670	160
10	Kayu	1.700	400
11	Kuningan	380	90
12	Marmer	860	210
13	Minyak Tanah	2.200	580
14	Perak	230	60
15	Raksa	140	30
16	Seng	390	90
17	Tembaga	390	90
18	Timbal	130	30
19	Badan Manusia	3.470	830

(Sumber : Fisika, Kane & Sterheim, 1991)

4) Daya hantar listrik

Merupakan kemampuan logam untuk dialiri maupun mengalirkan arus listrik. Daya hantar listrik pada aplikasinya dibedakan menjadi konduktor, semikonduktor, dan isolator. Daya hantar listrik logam dapat diterangkan berdasarkan model awan elektron, teori ikatan valensi dan teori orbital molekul. Berdasarkan model awan elektron, logam dapat

menghantarkan arus listrik karena adanya awan elektron. awan elektron ini bersifat *mobile* sehingga apabila logam diberi beda potensial akan terjadi hantaran listrik. Berdasarkan teori ikatan valensi, logam dapat menghantarkan arus listrik karena elektron valensi dari atom-atom logam yang dapat terdelokalisasi pada semua atom-atom dalam kristal logam. elektron yang terdelokalisasi ini bersifat mobil sehingga apabila pada logam diberi beda potensial akan terjadi hantaran listrik. Berdasarkan teori orbital molekul atau teori pita energi logam dapat menghantarkan arus listrik karena adanya elektron-elektron yang terdapat pada pita energi yang belum terisi penuh. elektron-elektron yang terdapat pada pita energi yang belum terisi penuh tersebut dianggap dapat bergerak bebas sehingga apabila pada logam diberi beda potensial akan terjadi hantaran listrik (Paul, 2000).

Tabel 4. Besar Daya Hantar Listrik

No.	Nama Zat	Daya Hantar Listrik (ρ)
1	Tembaga Lunak	0,0167
2	Tembaga Keras	0,0175
3	Aluminium	0,03
4	Seng	0,12
5	Besi	0,13
6	Bronz Aluminium	0,13
7	Timah	0,13
8	Baja	0,1 – 0,25
9	Timah Hitam	0,21
10	Nikelin	0,42
11	Konstantan	0,48
12	Karbon	100 – 1.000

(Sumber : <http://www.pengelasan.com/daya-hantar-listrik/>)

b. Sifat Mekanik Logam

Sifat mekanik suatu bahan menggambarkan hubungan antara respon bahan atau deformasi dengan beban atau gaya yang diberikan. Sifat mekanik bahan yang penting adalah kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), keuletan (*ductility*), dan kekakuan (*stiffness*) (Erik, 2014). Sifat mekanik secara umum ditentukan melalui pengujian destruktif dari sampel material pada kondisi pembebanan yang terkontrol. Sifat mekanik yang paling baik adalah didapat dengan melakukan pengujian prototipe atau desain sebenarnya dengan aplikasi pembebanan yang sebenarnya. Namun data spesifik seperti ini tidak mudah diperoleh sehingga umumnya digunakan data hasil pengujian standar seperti yang telah dipublikasikan oleh *American Standart of Mechanical Engineer (ASTM)*.

Sifat mekanis adalah kemampuan bahan untuk menerima pembebanan atau untuk menahan beban yang diterimanya baik beban statis maupun beban dinamis (Erik, 2014). Menurut (Soerip, 2016), sifat mekanis terdiri dari aspek-aspek berikut ini.

1) Kekuatan Bahan (*Strength*)

Kekuatan bahan (*strength*) yaitu ketahanan suatu material menerima pembebanan tarik, tekan, lentur, puntir dan geser. Merupakan kemampuan suatu bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut patah. Kekuatan ada beberapa macam tergantung pada jenis beban yang bekerja. Contohnya: kekuatan tarik, tekan, geser, torsi, dan kekuatan lengkung. Adapun satuan dari kekuatan bahan adalah N/mm³, kg/mm², lb/in² (Soerip, 2016). Adapun di bawah akan dijelaskan tabel kekuatan bahan yang memiliki 3 macam jenis yaitu kekuatan meregang, kekuatan menekan, dan kekuatan memutar.

Tabel 5. Kekuatan Bahan (*Strength*)

No.	Nama Material	Kekuatan Meregang (N/m ²) x 10 ⁶	Kekuatan Menekan (N/m ²) x 10 ⁶	Kekuatan Memutir (N/m ²) x 10 ⁶
1	Besi	170	550	170
2	Baja	500	500	250
3	Kuningan	250	250	200
4	Aluminium	200	200	200
5	Beton	2	20	2
6	Batu Bata	-	35	-
7	Marmer	-	80	-
8	Granit	-	170	-
9	Kayu	40	35	5
10	Tulang	130	170	-

(Sumber : <http://fisikazone.com/kekuatan-bahan-uji/>)

2) Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan adalah sifat dasar dari logam, kekerasan ini didefinisikan sebagai ketahanan logam terhadap goresan atau tekanan. Kekerasan adalah kemampuan suatu material untuk menerima penetrasi benda runcing, goresan, kikisan tanpa mengalami deformasi (ASTM (American Standart of Mechanical *Engineer*,2004)).

Menurut Soerip kekerasan Dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini berjkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan (Hendri,2003).

Kekerasan adalah ketahanan bahan atau logam terhadap deformasi yaitu deformasi tekan atau indentasi. Pada umumnya pengujian kekerasan bertujuan untuk mengukur tahanan dari bahan atau logam terhadap deformasi plastis. Prinsip pengukurannya adalah dengan memberi gaya tekan melalui sebuah indentor pada permukaan bahan atau logam. Kemudian luas atau dimensi atau diameter dari jejak penekanan / indentasi

diukur. Satuan yang biasanya dipergunakan pada kekerasan ialah BHN, VHN, HRC, HRA, HRB (Soerip,2016).

Tabel 6. Kekerasan Bahan (*Hardness*)

No.	Nama Material	Kekerasan Bahan dengan Metode Brinell (HB)
1	Timbal	5
2	Alumunium Murni	15
3	Tembaga	35
4	Alumunium Keras	75
5	<i>Mild Steel</i>	120
6	<i>Stainless Steel</i> yang Dilunakkan	200
7	Baja ST-70	215
8	Baja Temper	400
9	Baja Perkakas yang Dikeraskan	600 - 900

(Sumber : *Strength and Hardness of Steel*, Soerip, 2016)

3) Elastisitas (*Elasticity*)

Merupakan kemampuan logam untuk kembali ke bentuk semula setelah menerima beban hingga berubah bentuk. Semakin tinggi batas elastisitas suatu material maka nilai elastisitas material tersebut juga semakin tinggi (ASTM (*American Standart of Mechanical Engineer*)). Elastisitas adalah kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Bila suatu bahan mengalami tegangan maka akan terjadi perubahan bentuk. Bila tegangan yang bekerja besarnya tidak melewati suatu batas tertentu maka perubahan bentuk yang terjadi bersifat sementara, perubahan bentuk ini akan hilang bersama dengan hilangnya tekanan, maka sebagian bentuk itu tetap ada walaupun tegangan telah dihilangkan. Elastisitas juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk elastis yang dapat terjadi sebelum perubahan bentuk yang permanen mulai

terjadi, dengan kata lain elastisitas menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi (Soerip,2016).

4) Kekakuan (*Stiffness*)

Kekakuan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk (ASTM (*American Standart of Mechanical Engineer*)). Menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dimana dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari pada kekuatan (Soerip,2016).

5) Plastisitas (*Plasticity*)

Plastisitas adalah kemampuan suatu bahan ketika mengalami perubahan bentuk tanpa mengalami kerusakan. Seperti halnya elastisitas, jika batas plastisitas material tersebut tinggi, maka nilai plastisitas material juga tinggi, namun batas elastisnya semakin rendah (ASTM (*American Standart of Mechanical Engineer*)). Kelakuan merupakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi platis (permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Mekanisme yang mempunyai plastisitas yang tinggi dikatakan sebagai material yang ulet (*ductile*), sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas (*brittle*) (Soerip,2016).

6) Kelelahan (*Fatigue*)

Kelelahan merupakan kemampuan maksimal suatu bahan ketika menerima beban yang berganti-ganti dan secara terus-menerus dalam jangka waktu tertentu, dimana tegangan maksimal selalu diberikan selama proses pembebanan dilakukan (ASTM (*American Standart of Mechanical Engineer*)). Kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang (*cyclis stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Karena kelelahan merupakan

sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya (Soerip,2016).

7) Ketangguhan (*Toughness*)

Menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur (Ferry, 2001).

8) Keretakan (*crack*)

Merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik yang besarnya merupakan fungsi waktu, dimana pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap. Berbagai sifat mekanik diatas juga dapat dibedakan menurut cara pembebanannya, yaitu sifat mekanik statik, sifat terhadap beban statik, yang besarnya tetap atau berubah dengan lambat, dan sifat mekanik dinamik, sifat mekanik terhadap beban, yang berubah-ubah atau mengejut. Ini perlu dibedakan karena tingkah laku bahan mungkin berbeda terhadap cara pembebanan yang berbeda (Ferry, 2001).

Adapun faktor - faktor menurut Mujiani tahun 2003 yang mempengaruhi terjadinya sifat mekanik pada suatu material bahan berikut ini.

a. Kadar Karbon

Semakin tinggi kadar karbon maka kekerasan akan semakin tinggi namun akan menjadi rapuh. Kandungan karbon ini juga mempengaruhi keuletan, ketangguhan, maupun sifat mampu mesin (Mujiani, 2003).

b. Unsur Kimia

Penambahan unsur kimia pada baja dapat mempengaruhi sifat mekaniknya. Pembebanan karbon pada logam jenis *Stainless Steel* akan membuat logam semakin keras tetapi mudah menjadi rapuh. Unsur kimia yang dapat bersenyawa antara lain.

- 1) Nikel untuk meningkatkan.
- Meningkatkan kekuatan dan kekerasan.

- Meningkatkan ketahanan terhadap korosi.
 - Meningkatkan keuletan dan tahan gesek.
- 2) Chromium, untuk
- Menambah kekerasan baja.
 - Membentuk karbida.
 - Menambah keuletan, sehingga baik untuk pegas.

(Mujiani, 2003).

c. Ukuran Butir

Ukuran butir pada baja sangat berpengaruh. Ukuran butir yang besar dan homogen membuat baja mempunyai sifat yang ulet. Sedangkan untuk ukuran butir yang kecil dan tidak homogen maka baja tersebut akan bersifat kaku dan keras (Mujiani, 2003).

d. Fasa dan Struktur

Fasa dapat mempengaruhi sifat mekanik logam, karena pada tiap-tiap fasa pada logam memiliki struktur mikro tersendiri dengan sifat mekanik, fisik dan kimia yang berbeda-beda, misalnya fasa *martensite* memiliki sifat-sifat keras, rapuh, magnetik dengan nilai kekerasan 650-700 BHN (Mujiani, 2003).

Jadi dapat dikatakan fasa *martensite* memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada *ferrite*. Logam yang memiliki struktur yang teratur mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan logam yang strukturnya tidak teratur sebab tegangan dalam yang timbul lebih besar. Tegangan didalam berbanding terbalik dengan sifat mekanik (Mujiani, 2003).

e. Cacat

Cacat terjadi kemungkinan besar selama proses pertumbuhan kristal atau pada proses *heat treatment* (perlakuan panas). Cacat ini dibedakan menjadi cacat titik, cacat garis, cacat bidang, dan cacat ruang. Cacat yang terjadi pada logam menyebabkan terjadinya kerusakan pada struktur logam misalnya terjadinya kekosongan (*vacancy*), sisipan

dan *slip*. Kerusakan ini menyebabkan menurunnya sifat mekanik logam (Mujiani, 2003).

f. Endapan

Reaksi pengendapan merupakan kebalikan dari reaksi pelarutan yang terjadi akibat proses pendinginan. Pengendapan terjadi bila logam didinginkan sampai daerah suhu dan fasa setelah larut yang dipengaruhi laju waktu pendinginan. Pada laju waktu pendinginan cepat terjadi endapan serta fasa dan pada laju pendinginan lambat dapat terjadi endapan dua fasa sehingga pengendapan yang terjadi berpengaruh pada sifat mekanik logam (Mujiani, 2003).

c. Jenis Logam

Dari semua jenis logam dapat digolongkan menjadi logam murni dan logam paduan. Logam paduan artinya logam yang dicampur dengan logam lain atau bahkan dicampur dengan bukan logam. Dari semua golongan logam dapat dibedakan menjadi lima bagian menurut Widyopuspito, 1996.

- (a). Logam berat adalah apabila berat jenisnya lebih besar dari 5 kg/dm³.
Misalnya : nikel, kromium, tembaga, timah, seng, dan besi.
- (b). Logam ringan adalah apabila berat jenisnya lebih besar dari 5 kg/dm³. Misalnya : aluminium, magnesium, natrium, titanium, dan lain-lain.
- (c). Logam mulia adalah logam yang tidak dicampur dengan logam lain atau unsur lain sudah dapat digunakan sebagai bahan teknik.
Misalnya: emas, perak dan platina.
- (d). Logam refraktori yaitu logam tahan api.
Misalnya: wolfram, molebdenum, dan titanium.
- (e). Logam radioaktif adalah bahan yang menunjukkan gejala radioaktif karena radionuklida. Radioaktif adalah radiasi elektromagnetik dan penyebaran partikel pada saat terjadi perubahan spontan suatu inti atom atau disebabkan pembelahan inti secara spontan.
Misalnya : uranium dan radium.

Dalam penggunaan dan pemakaian pada umumnya, logam yang akan digunakan, bukan merupakan logam murni melainkan logam paduan. Logam murni dalam pengertian ini adalah logam yang tidak dicampur dengan unsur lainnya atau pengertian lain yaitu yang diperoleh dari alam (hasil tambang) dalam keadaan murni. Adapun Logam murni memiliki sifat – sifat yaitu Kadar kemurnian 99,9 %, kekuatan tarik yang rendah, titik lebur yang tinggi, daya hantar listrik yang baik, dan daya tahan terhadap karat yang baik (Inggrit, dkk, 2007).

Dengan memadukan dua logam atau lebih dapat diperoleh sifat-sifat yang lebih baik dari pada logam aslinya. Memadukan dua logam yang lemah dapat diperoleh logam paduan yang kuat dan keras. Misalnya tembaga dan timah, keduanya adalah logam yang lunak, bila dipadukan menjadi logam yang keras dan kuat dengan nama perunggu. Besi murni adalah bahan yang lunak sedangkan zat arang (bukan logam) adalah bahan yang rapuh, paduan besi dengan zat arang menjadi baja yang keras dan liat (Inggrit, dkk, 2007).

Adapun sifat – sifat dari logam paduan yaitu kekerasan dapat ditingkatkan dari kekerasan logam salnya, kekuatan tarik dapat diperbesar, daya pemuai dapat dikurangkan, dan titik lebur yang dapat diturunkan atau dinaikkan dibanding logam – logam asalnya (Inggrit, dkk, 2007).

Tabel 7. Macam – Macam Logam Paduan dan Kegunaannya.

No.	Jenis Unsur Logam	Kegunaan
1.	Wolfram / Tungsten (W)	Untuk paduan baja, kawat pijar, dan bahan campuran elektroda las TIG / WIG
2.	Molibdenum (Mo)	Untuk paduan baja, pipa – pipa, dan alat <i>rontgen</i>
3.	Tantalum (Ta)	Untuk alat – alat kedokteran dan paduan lainnya.
4.	Kromium (Cr)	Untuk paduan baja tahan karat, pelapis logam dan pelindung tahan karat.
5.	Nikel (Ni)	Untuk paduan baja tahan karat, pelapis logam dan pelindung tahan karat.
6.	Mangan (Mn)	Untuk bahan paduan baja.
7.	Vanadium (V)	Untuk bahan baja tahan karat dan tahan panas.
8.	Kobalt (Co)	Untuk baja perkakas potong.
9.	Kadmium (Cd)	Untuk paduan logam – logam bantalan, pelapis baja tahan karat, tahan uap racun, dan sebagainya.
10.	Bismut (Bi)	Untuk paduan bahan yang digunakan dalam sekering – sekering.
11.	Alumunium (Al)	Untuk baja paduan ringan yang biasanya digunakan pada badan pesawat terbang, kendaraan bermotor, dan alat – alat rumah tangga.
12.	Magnesium (Mg)	Untuk bahan konstruksi mesin yang memiliki faktor berat menjadi pertimbangan utama karena magnesium memiliki daya gabung yang tinggi terhadap oksigen dan mudah terbakar.
13.	Titanium (Ti)	Untuk digunakan pada paduan alumunium sebagai logam ringan yang banyak dipakai pada konstruksi pesawat terbang.

(Sumber : *Handbook of Metalurgy Science Oxford University*)

d. Perbedaan Sifat Logam dan Non-Logam

Tabel 8. Perbedaan Sifat Logam dan Non-Logam

No.	Sifat Logam	Sifat Non Logam
1.	Mempunyai sifat mengkilat	Pada umumnya tidak mengkilat kecuali karbon dalam bentuk intan
2.	Mempunyai sifat penghantar listrik yang baik	Sifatnya penghantar listrik yang buruk kecuali karbon dalam bentuk grafit
3.	Mempunyai sifat penghantar panas yang baik	Penghantar panas yang buruk
4.	Dapat dibentuk menjadi lempengan atau lembaran	Tidak dapat ditempa atau digembleng
5.	Bisa direntang atau ditarik menjadi kawat	Tidak dapat direntang atau ditarik.
6.	Pada umumnya berwujud padat kecuali raksa (merkuri).	Pada sebuah suhu kamar ada yang berwujud padat, cair, dan gas
7.	Logam memiliki ionisasi entalpi rendah	Non logam memiliki ionisasi entalpi tinggi
8.	Logam mengandung 1 sampai 3 elektron di kulit terluarnya	Nonlogam mengandung 4 sampai 8 elektron di kulit terluarnya.
9.	Logam kehilangan elektron untuk membentuk ion elektropositif	Non-logam menerima elektron untuk membentuk ion elektronegatif.
10.	Logam bereaksi dengan oksigen membentuk oksida dasar	Non-logam biasanya bereaksi dengan oksigen membentuk oksida asam
11.	Logam pereduksi yang baik karena kehilangan elektron dengan mudah dari kulit pada kelambu	Nonlogam adalah pengoksidasi baik karena menerima elektron di kulit terluar.
12.	Logam bisa menimbulkan bunyi yang nyaring	Non logam tidak.

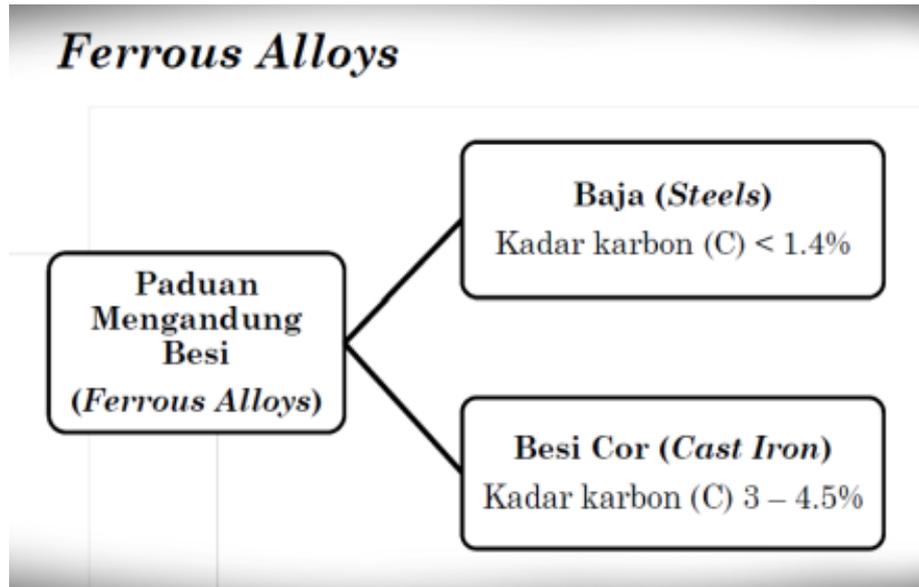
(Sumber : *Handbook of Metalurgy Science Oxford University*)

e. Logam Ferro

Logam ferro adalah adalah logam besi. Besi merupakan logam yang penting dalam bidang teknik, tetapi besi murni terlalu lunak dan rapuh sebagai bahan kerja, konstruksi atau pesawat. Oleh karena itu besi selalu bercampur dengan unsur lain, terutama zat arang/karbon (Widyopuspito, 1996). Menurut Ericksenn, 1997 sebutan besi dapat berarti :

- (a). Besi murni dengan simbol kimia Fe yang hanya dapat diperoleh dengan jalan reaksi kimia.
- (b). Besi teknik adalah yang sudah atau selalu bercampur dengan unsur lain. Besi teknik terbagi atas tiga macam yaitu besi mentah atau besi kasar yang kadar karbonnya lebih besar dari 3,7%, Baja atau besi tempa yaitu kadar karbonnya kurang dari 1,7 % dan dapat ditempa, Besi tuang yang kadar karbonnya antara 2,3 sampai 3,6 % dan tidak dapat ditempa. Disebut besi tuang kelabu karena karbon tidak bersenyawa secara kimia dengan besi melainkan sebagai karbon yang lepas yang memberikan warna abu-abu kehitaman, dan disebut besi tuang putih karena karbon mampu bersenyawa dengan besi.

Pembuatan besi atau baja dilakukan dengan mengolah bijih besi di dalam dapur tinggi yang akan menghasilkan besi kasar atau besi mentah. Besi kasar belum dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat benda jadi maupun setengah jadi, oleh karena itu, besi kasar itu masih harus diolah kembali di dalam dapur-dapur baja. Logam yang dihasilkan oleh dapur baja itulah yang dikatakan sebagai besi atau baja karbon, yaitu bahan untuk membuat benda jadi maupun setengah jadi (Renhardt,2014). Logam Besi (*ferrous*) juga terdiri menjadi dua yaitu:



Gambar 2. Ferrous Alloys

(Sumber : *Alloys Stainless Steel of Metalurgy*)

Baja adalah material dengan bahan dasar besi (Fe) yang dipadu dengan paduan utama karbon (C) maksimum 2 % dan mengandung unsur pengikat seperti Silikon (Si), Mangan (Mn), sulfur (S) dan Fosfor (P) serta unsur paduan seperti kromium (Cr), Nickel (Ni), Molybdenum (Mo) dll (Renhardt, 2014).

Menurut (Oberg, 1996), baja dibagi atas 3 bagian utama berikut ini.

1) Baja karbon (*Plain Carbon Steel*) terdiri dari berikut ini.

a. *Low carbon steel* ($c < 0.2$)

Baja ini relative rendah, lunak, tetapi keuletannya tinggi, mudah dibentuk dan di *machining*. Baja ini tidak dapat dikeraskan kecuali dengan *case hardening*. Jenis baja ini banyak digunakan sebagai konstruksi umum, baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur baut, dll (Oberg, 1996).

b. *Medium carbon steel* ($0.2 < C < 0.5$)

Baja ini lebih kuat dan dapat dikeraskan. Penggunaannya hampir sama dengan *low carbon steel*, yaitu pada baja konstruksi mesin, roda gigi, dan rantai (Oberg, 1996).

c. *High carbon steel* ($C > 0.5$)

Baja ini mempunyai keuletan yang rendah, tetapi tingkat kekuatan dan kekerasannya tinggi. *High carbon steel* banyak digunakan untuk perkakas yang memerlukan sifat tahan aus, misalnya untuk mata bor, tap, dan perkakas tangan lainnya (Oberg, 1996).

2) Baja Paduan rendah (*Low Alloy Steel*) (total alloying < 8%)

Baja paduan rendah yang banyak digunakan adalah *High-Strength Low-Alloy steels (HSLA)*. Sifat dari HSLA adalah memiliki *tensile strength* yang tinggi, anti bocor, tahan terhadap abrasi, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi, ulet, sifat mampu mesin yang baik, dan sifat mampu las yang tinggi (*weldability*). Untuk mendapatkan sifat-sifat di atas maka baja ini diproses secara khusus dengan menambahkan unsur-unsur seperti tembaga (Cu), nikel (Ni), *chromium* (Cr), *molybdenum* (Mo), *vanadium* (Va), dan *columbium* (Oberg, 1996).

3) Baja Paduan Tinggi (*high alloy steel*) (total alloying > 8%)

a. *Stainless Steel* (austenitik SS = 18% Cr & 8% Ni)

Baja ini merupakan baja paduan tahan karat dengan kadar paduan tinggi dan memiliki sifat tahan terhadap korosi dan temperature tinggi. Sifat tahan korosi diperoleh dari lapisan oksida (terutama *chrom*) yang sangat stabil, melekat pada permukaan, dan melindungi baja dari lingkungan yang korosif. Selain *chrom*, lapisan oksida nikel jga digunakan sebagai pelindung permukaan baja (Oberg, 1996).

b. *Tool Steel*

Tool steel (baja perkakas) merupakan baja khusus yang berkualitas tinggi dan dipakai untuk membuat perkakas perautan (*cutting*) maupun pembentukan (*forming*) (Oberg, 1996).

Perbedaan *low alloy steel* dan *high alloy steel* adalah paduan seperti Cr, Ni, Mo, Co, V, Nb, Ti yang bersifat meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan terhadap korosi (Oberg, 1996). Menurut (Amstead, 1993) secara umumnya, baja

paduan memiliki sifat yang unggul daripada baja karbon biasa, diantaranya keuletan yang tinggi tanpa pengurangan kekuatan tarik, Tahan terhadap korosi dan keausan yang tergantung dari jenis paduannya, Tahan terhadap perubahan suhu ini berarti bahwa sifat fisisnya tidak banyak berubah, Memiliki butiran halus dan homogen (Surdia Tata dan Shinroku Saito, 1999).

e. Logam Non-Ferro dan Paduannya

Logam non ferro atau logam bukan besi adalah logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Logam non ferro murni kebanyakan tidak digunakan begitu saja tanpa dipadukan dengan logam lain, karena biasanya sifat-sifatnya belum memenuhi syarat yang diinginkan. Kecuali logam non ferro murni, platina, emas dan perak tidak dipadukan karena sudah memiliki sifat yang baik, misalnya ketahanan kimia dan daya hantar listrik yang baik serta cukup kuat, sehingga dapat digunakan dalam keadaan murni. Tetapi karena harganya mahal, ketiga jenis logam ini hanya digunakan untuk keperluan khusus. Misalnya dalam teknik proses dan laboratorium di samping keperluan tertentu seperti perhiasan dan sejenisnya. Logam non fero juga digunakan untuk campuran besi atau baja dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat baja. Dari jenis logam non ferro berat yang sering digunakan untuk paduan baja antara lain, nikel, kromium, molebdenum, wallfram dan sebagainya. Sedangkan dari logam non ferro ringan antara lain: magnesium, titanium, kalsium. (Depdiknas, 2013).



Gambar 3. Logam Titanium yang Termasuk Kedalam Jenis Logam Non-Ferro

(Sumber : tssfarmasinunsoed.ac.id)

2. *Non – Destructive Test (NDT)*

Pengujian tak merusak (*NDT*) adalah aktivitas pengujian atau inspeksi terhadap suatu benda/material untuk mengetahui adanya cacat, retak atau *discontinuity* lain tanpa merusak benda yang kita uji. Karena *NDT* secara permanen mengubah material yang sedang diperiksa. Teknik yang dapat menghemat uang dan waktu dalam evaluasi produk, pemecahan masalah, dan penelitian. *NDT* umumnya memiliki metode termasuk ultrasonik, magnetik-partikel, penetran cair, radiografi, dan pengujian eddy. Saat ini *NDT* adalah alat yang sering digunakan dalam rekayasa forensik, teknik mesin, teknik elektro, teknik sipil, teknik sistem, teknik aeronautika, obat-obatan, dan seni (Paula, 2000).

Metode *NDT* dapat mengandalkan pada penggunaan radiasi elektromagnetik, suara, dan sifat bahan untuk memeriksa sampel. Ini mencakup beberapa jenis mikroskop untuk memeriksa permukaan eksternal dalam detail, meskipun teknik persiapan sampel untuk metalografi, mikroskopi optik dan mikroskop elektron umumnya destruktif sebagai permukaan harus dibuat halus melalui polesan atau sampel. Bagian dalam sampel dapat diperiksa dengan penetrasi radiasi elektromagnetik, seperti x-ray, atau dengan gelombang suara dalam kasus pengujian ultrasonik. Kontras antara cacat dan sebagian besar sampel dapat ditingkatkan untuk pemeriksaan visual oleh mata telanjang dengan menggunakan cairan untuk menembus retakan kelelahan. Salah satu metode (pengujian penetran cair) melibatkan menggunakan pewarna, fluorescent atau non-fluorescing, dalam cairan untuk bahan-bahan non-magnetik, biasanya logam. Metode lain yang umum digunakan untuk bahan magnetik melibatkan menggunakan suspensi cair dari besi halus partikel diterapkan pada bagian ketika ia di dalam medan magnet (Sebastian, 2003).

Tujuan adanya aktivitas *NDT* diantaranya yaitu mendeteksi cacat/*discontinuity* (di atas permukaan, di bawah permukaan, dan di dalam suatu material), untuk mengukur geometri benda, dan menentukan komposisi kimia material (Sebastian, 2003).

Bagi para pekerja industri kegiatan NDT sangat penting di karenakan beberapa faktor antara lain untuk meyakinkan kehandalan produk, mencegah kecelakaan, memberi keuntungan bagi pengguna, meyakinkan kepuasan pelanggan, membantu dalam merancang produk agar lebih baik, meningkatkan reputasi pamanufaktur, menghemat biaya menufaktur, mempertahankan keseragaman tingkat kualitas dan meyakinkan kesiapan operasi (Bambang Koesworo, 1998).

NDT digunakan dalam berbagai kegiatan yang meliputi berbagai kegiatan industri: Otomotif, Bagian mesin, Penerbangan, Turbin gas mesin, Peroketan, Konstruksi, Struktur, Jembatan, Cover Meter, Pemeliharaan, perbaikan dan operasi, Jembatan, Pabrik, Bagian mesin, Tuang dan tempa, Industri tanaman seperti Nuklir, Petrokimia, Power, Pulp dan Kertas, Fabrikasi toko, Tambang pengolahan dan risiko mereka berdasarkan program Inspeksi, Tekanan kapal, Tangki penyimpanan, Las, Boiler, Penukar panas, Pemipaan, Bermacam-macam Pipa, Pipeline integritas manajemen, Leak Deteksi, Kereta Api, Inspeksi Rel, Pemeriksaan roda, Tubular NDT, untuk sistem pipa-pipa bahan, Korosi Dalam Isolasi (Cui), Kapal selam dan kapal perang Angkatan Laut lainnya, aplikasi bidang Medis (Bambang Koesworo, 1998).

3. Jenis *Stainless Steel*

Meskipun seluruh kategori *Stainless Steel* (SS) didasarkan pada kandungan krom (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat SS sesuai aplikasi-nya. Kategori SS tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya. Menurut sifat kimia dari *stainless steel* lima golongan utama SS adalah *Austenitic*, *Ferritic*, *Martensitic*, *Duplex* dan *Precipitation Hardening* SS. Untuk itu akan dijelaskan mengenai jenis *stainless steel* berikut ini menurut (*Handbook of Metalurgy Science Oxford University, Kevin Stewartt, etc, 1989*)

a. *Austenitic Stainless Steel*

Austenitic SS mengandung sedikitnya 16% Krom dan 6% Nikel (grade standart untuk 304), sampai ke *grade Super Autenitic* SS seperti

904L (dengan kadar krom dan nikel lebih tinggi serta unsur tambahan Mo sampai 6%). Molybdenum (Mo), Titanium (Ti) atau Copper (Cu) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur serta korosi. *Austenitic* cocok juga untuk aplikasi temperature rendah disebabkan unsur Nikel membuat SS tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah. Sifat-sifat dasar baja *austenitic* adalah:

- ✓ Daya tahan korosi yang sangat bagus dalam asam organik, industri, dan lingkungan laut.
- ✓ Kemampuan mengelas yang sangat bagus (semua proses).
- ✓ Kemampuan membentuk, kemampuan pembuatan dan sifat kenyal yang sangat bagus.
- ✓ Sifat-sifat suhu tingginya bagus dan suhu rendahnya sangat bagus (kekerasan tinggi pada semua suhu).
- ✓ Tidak mengandung magnet (jika dikuatkan).
- ✓ Dapat dikeraskan hanya dengan dibentuk profil logam dengan temperatur dingin (logam-logam campuran ini tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas).

(*Handbook of Metallurgy Science Oxford University, Kevin Stewartt, etc, 1989*)

b. *Ferinitic Stainless Steel*

Kelompok logam campuran ini biasanya hanya mengandung Kromium, dengan keseimbangan kebanyakan Fe. Logam-logam campuran ini merupakan baja-baja *stainless* Kromium yang sederhana dengan kandungan Kromium 10,5 - 18 % seperti grade 430 dan 409. Jenis *Ferritic* agak sedikit kurang mempunyai sifat kenyal daripada jenis *austenitic*. Ketahanan korosi tidak begitu istimewa dan relatif lebih sulit di fabrikasi / machining. Tetapi kekurangan ini telah diperbaiki pada grade 434 dan 444 dan secara khusus pada grade 3Cr12. Sifat-sifat dasar baja *ferritic* adalah:

- ✓ Cukup untuk peningkatan daya tahan korosi yang bagus dengan kandungan Chromium

- ✓ Tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas dan selalu digunakan dalam magnet yang dikuatkan.
- ✓ Kemampuan mengelasnya sedikit.
- ✓ Kemampuan membentuknya tidak sebgus *austenitic*.

(*Handbook of Metalurgy Science Oxford University, Kevin Stewartt, etc, 1989*)

c. *Martensitic Stainless Steel*

SS jenis ini memiliki unsur utama Krom (masih lebih sedikit jika dibanding *Ferritic SS*) dan kadar karbon relatif tinggi (0,1 - 1,2%) misal grade 410 dan 416. Grade 431 memiliki Krom sampai 16% tetapi mikrostrukturnya masih *martensitic* disebabkan hanya memiliki Nikel 2%. Merupakan baja pertama yang dikembangkan secara komersial sebagai cutlery. Sifat-sifat dasar baja *martensitic* adalah:

- ✓ Daya tahan korosinya sedang
- ✓ Dapat dikeraskan dengan perlakuan panas dan oleh karena itu tingkat kekerasan dan daya tahannya tinggi.
- ✓ Kemampuan mengelasnya kurang.
- ✓ Bersifat magnetic.

(*Handbook of Metalurgy Science Oxford University, Kevin Stewartt, etc, 1989*)

d. *Duplex Stainless Steel*

Disebut *Duplex* dikarenakan kandungan Nikel tidak cukup untuk menghasilkan susunan *austenitic* secara penuh dan hasil kombinasi susunan *ferritic* dan *austenitic*. *Duplex SS* seperti 2304 dan 2205 (dua angka pertama menyatakan persentase Krom dan dua angka terakhir menyatakan persentase Nikel) memiliki bentuk mikrostruktur campuran *austenitic* dan *ferritic*. *Duplex ferritic-austenitic* memiliki kombinasi sifat tahan korosi dan temperatur relatif tinggi atau secara khusus tahan terhadap *Stress Corrosion Cracking*. Meskipun kemampuan *Stress Corrosion Cracking*-nya tidak sebaik *ferritic SS* tetapi ketangguhannya jauh lebih baik jika dibandingkan dengan *ferritic SS* dan lebih buruk dibanding *austenitic SS*. Sementara

kekuatannya lebih baik dibanding *austenitic* SS (yang di annealing) kira-kira 2 kali lipat. Sebagai tambahan, *Duplex* SS ketahanan korosinya sedikit lebih baik dibanding 304 dan 316 tetapi ketahanan terhadap *pitting* corrosion jauh lebih baik dibanding 316. Ketangguhannya *Duplex* SS akan menurun pada temperatur dibawah - 50 oC dan diatas 300 oC. Kebanyakan baja *Duplex* mengandung Mo dalam jarak 2,5-4%. Sifat-sifat dasar baja *duplex* adalah:

- ✓ Daya tahan yang tinggi untuk menekan keretakan korosi.
- ✓ Daya tahan yang dinaikkan pada serangan ion Klorida.
- ✓ Perenggangan dan kuat luluh yang lebih tinggi dari baja-baja *austenitic* dan *ferritic*.
- ✓ Kemampuan peleburan, kemampuan membentuk yang baik.

(*Handbook of Metalurgy Science Oxford University, Kevin Stewartt, etc, 1989*)

e. *Precipitation Hardening Steel*

Precipitation hardening stainless steel adalah SS yang keras dan kuat akibat dari dibentuknya suatu presipitat (endapan) dalam struktur mikro logam. Sehingga gerakan deformasi menjadi terhambat dan memperkuat material SS. Pembentukan ini disebabkan oleh penambahan unsur tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb) dan Alumunium. Proses penguatan umumnya terjadi pada saat dilakukan pengerjaan dingin (*cold work*). Sifat-sifat dasar baja *precipitation hardening* :

- ✓ Hambatan korosi yang sedang sampai baik.
- ✓ Kemampuan mengelas yang baik.
- ✓ Bersifat *magnetic*.
- ✓ Dapat dikeraskan.

(*Handbook of Metalurgy Science Oxford University, Kevin Stewartt, etc, 1989*)

4. Korosi

Korosi berasal dari bahasa latin “*Corrodere*” yang artinya perusakan logam atau berkarat. Definisi korosi adalah proses degradasi/deteorisasi/perusakan material yang terjadi disebabkan oleh lingkungan sekelilingnya. Beberapa pakar bersikeras definisi hanya berlaku pada logam saja, tetapi para insinyur korosi juga ada yang mendefinisikan istilah korosi berlaku juga untuk material non logam, seperti keramik, plastik, karet. Sebagai contoh rusaknya cat karet karena sinar matahari atau terkena bahan kimia, mencairnya lapisan tungku pembuatan baja, serangan logam yang *solid* oleh logam yang cair (*liquid metal corrosion*) ((Fontana dan Greene, 1986).



Gambar 4. Korosi pada Logam

(Sumber : www.jeeandel.com).

Korosi merupakan suatu peristiwa kerusakan atau penurunan kualitas suatu logam akibat beraksi dengan lingkungannya yang terjadi secara elektrokimia. Kondisi lingkungan yang sering menyebabkan terjadinya korosi pada logam adalah udara dan air (Fontana dan Greene, 1986). Menurut Trethewey dan Chamberlin (1991), ada beberapa faktor penyebab terjadinya korosi antara lain adalah udara, air, tanah dan zat-zat kimia. Adapun faktor faktor tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

1) Udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan bumi dan komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konsisten.

Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab sehingga kemungkinan terjadinya korosi lebih besar (Kirk dan Othmer,1965).

2) Air

Air dapat dibedakan atas air laut dan air tawar. Air laut merupakan larutan yang mengandung berbagai macam garam yang bersifat korosif. Jumlah garam dapat dinyatakan dengan salinitas, yaitu jumlah bahan-bahan padat yang terlarut dalam satu kilogram air laut karena banyaknya bahan-bahan padat yang terdapat dalam air laut maka akan mempengaruhi laju korosi suatu bahan logam (Kirk dan Othmer,1965).

Air laut sangat mempengaruhi laju korosi dari logam yang dilaluinya atau yang kontak langsung dengannya, hal ini dikarenakan air laut mempunyai konduktivitas yang tinggi dan memiliki ion klorida yang dapat menembus permukaan logam (Kirk dan Othmer,1965).

Air tawar seperti air sungai, air danau atau air tanah dapat mengandung berbagai macam garam alami, asam, oksigen dan zat-zat kimia lain yang berasal dari susunan geologi dan mineral dari daerah yang bersangkutan. Biasanya zat terlarut yang membentuk asam, misalnya belerang dioksida, karbon dioksida dan sebagainya akan mempercepat laju korosi (Sulaiman, 1978).

3) Tanah

Korosi di dalam tanah selain terjadi pada pipa-pipa dan kabel-kabel juga terjadi pada pondasi-pondasi logam yang terendam di dalamnya. Tiang- tiang baja yang dikubur jauh di dalam tanah yang sudah lama tidak digali terkena korosi karena kurangnya oksigen dalam tanah. Pada pemasangan pipa-pipa dalam tanah, tanah yang digali dan kemudian ditutup lagi memungkinkan adanya oksigen terkurung di dalam tanah dapat menyebabkan korosi. Korosi elektrokimia dapat terjadi dalam tanah akibat adanya arus listrik yang disebabkan oleh

kebocoran arus listrik dari kabel-kabel jalan rel kereta api atau sumber-sumber lain (Trethewey dan Chamberlin, 1991).

Tanah harus dianalisis terlebih dahulu sebelum logam-logam dimasukkan ke dalamnya, karena tanah dapat mengandung berbagai macam zat-zat kimia dan mineral-mineral yang korosif. Setelah dianalisis, kita dapat menentukan usaha perlindungan yang tepat terhadap logam-logam tersebut dari serangan korosi di dalam tanah (Trethewey dan Chamberlin, 1991).

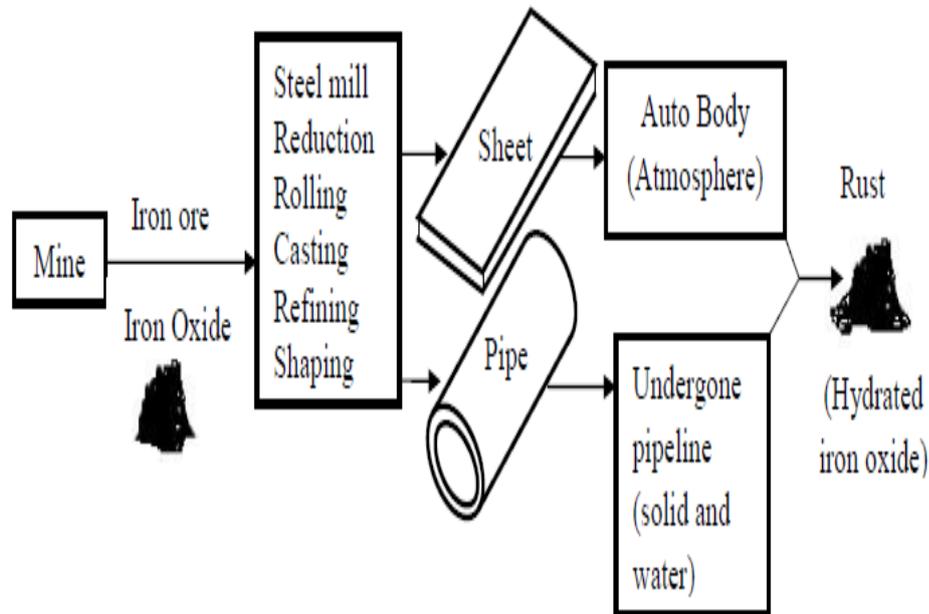
4) Zat - Zat kimia

Zat-zat kimia yang dapat menyebabkan korosi antara lain adalah asam, basa dan garam baik dalam bentuk cair, padat maupun gas. Pada umumnya korosi oleh zat-zat kimia pada suatu material dapat terjadi bila material mengalami kontak langsung dengan zat-zat kimia tersebut (Kirk dan Othmer, 1965).

Adapun proses korosi yang terjadi, di samping oleh reaksi kimia biasa, maka yang lebih umum adalah proses elektro kimia. Yang dimaksud dengan lingkungannya dapat berupa udara dengan sinar matahari, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai dan tanah yang berupa tanah pertanian, tanah rawa, tanah kapur dan tanah berpasir/berbatu-batu. Korosi disebut juga suatu penyakit dalam dunia teknik, walaupun secara langsung tidak termasuk produk teknik. Studi dari korosi adalah sejenis usaha pengendalian kerusakan supaya serangannya serendah mungkin dan dapat melampaui nilai ekonomisnya, atau jangan ada logam jadi rongsokan sebelum waktunya. Caranya adalah dengan pengendalian secara preventif supaya menghambat serangan korosi. Cara ini lebih baik daripada memperbaiki secara represif yang biayanya akan jauh lebih besar.

Korosi dapat berjalan secara cepat ataupun lambat tergantung dari material bahan, lingkungan, temperatur dan lain sebagainya. Dalam dunia teknik, material korosi yang sering disinggung adalah korosi pada logam. Ilustrasi dari proses pengkorosian pada material logam dapat dilihat pada Gambar 5 dimana

besi yang dibentuk sesuai kegunaannya dapat terkorosi akibat lingkungan yang dihadapi pada aplikasinya (Kirk dan Othmer,1965).



Gambar 5. Proses Pengkorosian logam

(Sumber : www.seputarilmu.com).

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi tingkat korosifitas pada suatu material. Dalam lingkungan tertentu dapat saja medianya bersifat asam netral, lembab, panas dan ada yang menunjang zat-zat renik yang juga dapat menimbulkan masalah korosi. Dari segi teori, korosi tidak mungkin sepenuhnya dapat dicegah karena memang merupakan proses alamiah bahwa semua logam akan kembali ke sifat asalnya. Asal dari tanah kembali ke tanah, asal dari bijih besi kembali ke oksida besi. Walaupun demikian pengendalian korosi harus dilakukan secara maksimal, karena dilihat dari segi ekonomi dan segi keamanan merupakan hal yang tidak mungkin ditinggalkan. Jadi pengendalian korosi harus dimulai dari perancangan, pengumpulan data lingkungan, proses, peralatan yang dipakai bahan baku dan cara pemeliharaan yang akan dilaksanakan.

Akan lebih mudah untuk mengklasifikasikan korosi berdasarkan penampilan atau rupa logam yang terserang korosi. Masing-masing bentuk korosi dapat dikenali dengan hanya melakukan pengamatan secara visual. Pada kebanyakan kasus, pengamatan bentuk korosi hanya dengan mata telanjang sudah cukup. Tetapi kadang-kadang pengamatan dengan menggunakan perbesaran juga dibutuhkan. Informasi yang penting untuk solusi dari masalah korosi sering diperoleh melalui pengamatan yang cermat dari spesimen uji korosi.

Beberapa dari delapan bentuk korosi adalah bersifat unik. Menurut Fontana dan Greene (1986), korosi dapat dibagi menjadi 8 jenis berdasarkan bentuknya yaitu : Korosi batas butir, Korosi merata, korosi sumuran, korosi galvanik, korosi erosi, dan korosi tegangan. Bentuk – bentuk korosi tersebut mencakup hampir semua kegagalan korosi. *Hydrogen damage* adalah bukan bentuk korosi, akan tetapi sering terjadi akibat dari serangan korosi.

a. Pencegahan Korosi

Peristiwa korosi pada logam merupakan fenomena yang tidak dapat dihindari, namun dapat dihambat maupun dikendalikan untuk mengurangi kerugian dan mencegah dampak negatif yang diakibatkannya. Dengan penanganan ini umur produktif peralatan elektronik dalam rumah tangga atau kegiatan industri menjadi panjang sesuai dengan yang direncanakan, bahkan dapat diperpanjang untuk memperoleh nilai ekonomi yang lebih tinggi. Upaya penanganan korosi diharapkan dapat banyak menghemat biaya operasional, sehingga berpengaruh terhadap efisiensi dalam suatu kegiatan industri serta menghemat anggaran pembelanjaan rumah tangga.

Berikut contoh pengendalian / pencegahan korosi menurut (Sulaiman, 1978).

1) Mencegah Kontak dengan Oksigen atau Air

Korosi besi memerlukan oksigen dan air. Bila salah satu tidak ada, maka peristiwa korosi tidak dapat terjadi. Korosi dapat dicegah dengan melapisi besi dengan cat, oli, logam lain yang tahan korosi (logam yang lebih aktif seperti seng dan krom). Penggunaan logam lain yang kurang aktif (timah dan tembaga) sebagai pelapis pada kaleng bertujuan agar kaleng

cepat hancur di tanah. Timah atau tembaga bersifat mempercepat proses korosi.

2) Perlindungan Katoda (Pengorbanan Anoda)

Besi yang dilapisi atau dihubungkan dengan logam lain yang lebih aktif akan membentuk sel elektrokimia dengan besi sebagai katoda. Di sini, besi berfungsi hanya sebagai tempat terjadinya reduksi oksigen. Logam lain berperan sebagai anoda, dan mengalami reaksi oksidasi. Dalam hal ini besi, sebagai katoda, terlindungi oleh logam lain (sebagai anoda, dikorbankan). Besi akan aman terlindungi selama logam pelindungnya masih ada / belum habis. Untuk perlindungan katoda pada sistem jaringan pipa bawah tanah lazim digunakan logam magnesium, Mg. Logam ini secara berkala harus dikontrol dan diganti.

3) Membuat Alloy atau Paduan Logam yang Bersifat Tahan Karat

Misalnya besi dicampur dengan logam Ni dan Cr menjadi baja stainless (72% Fe, 19%Cr, 9%Ni).

4) Pengecatan.

Cat menghindarkan kontak dengan udara dan air. Cat yang mengandung timbel dan zink (seng) akan lebih baik, karena keduanya melindungi besi terhadap korosi.

5) Tin Plating (Pelapisan dengan Timah)

Kaleng-kaleng kemasan terbuat dari besi yang dilapisi dengan timah. Pelapisan dilakukan secara elektrolisis, yang disebut *tin plating*. Timah tergolong logam yang tahan karat. Akan tetapi, lapisan timah hanya melindungi besi selama lapisan itu utuh (tanpa cacat). Apabila lapisan timah ada yang rusak, misalnya tergores, maka timah justru mendorong atau mempercepat korosi besi. Hal itu terjadi karena potensial reduksi besi lebih negatif daripada timah. Oleh karena itu, besi yang dilapisi dengan timah akan membentuk suatu sel elektrokimia dengan besi sebagai anode. Dengan demikian, timah mendorong korosi besi. Akan tetapi hal ini justru yang diharapkan, sehingga kaleng-kaleng bekas cepat hancur.

6) Galvanisasi (Pelapisan dengan Zink)

Pipa besi, tiang telepon dan berbagai barang lain dilapisi dengan zink. Berbeda dengan timah, zink dapat melindungi besi dari korosi sekalipun lapisannya tidak utuh. Hal ini terjadi karena suatu mekanisme yang disebut *perlindungan katode*. Oleh karena potensial reduksi besi lebih positif daripada zink, maka besi yang kontak dengan zink akan membentuk sel elektrokimia dengan besi sebagai katode. Dengan demikian besi terlindungi dan zink yang mengalami oksidasi (berkarat). Badan mobil-mobil baru pada umumnya telah digalvanisasi, sehingga tahan karat.

7) Cromium Plating (Pelapisan dengan Kromium)

Besi atau baja juga dapat dilapisi dengan kromium untuk memberi lapisan pelindung yang mengkilap, misalnya untuk bumper mobil. *Cromium plating* juga dilakukan dengan elektrolisis. Sama seperti zink, kromium dapat memberi perlindungan sekalipun lapisan kromium itu ada yang rusak.

8) Sacrificial Protection (Pengorbanan Anode).

Magnesium adalah logam yang jauh lebih aktif (berarti lebih mudah berkarat) daripada besi. Jika logam magnesium dikontakkan dengan besi, maka magnesium itu akan berkarat tetapi besi tidak. Cara ini digunakan untuk melindungi pipa baja yang ditanam dalam tanah atau badan kapal laut. Secara periodik, batang magnesium harus diganti.

9) Inhibitor

Inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam.

b. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Korosi

Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses korosi secara umum antara lain, yaitu :

1) Suhu

Kenaikan suhu akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu maka energi kinetik dari

partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi (korosi) juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya. (Fogler, 1992).

2) Kecepatan Alir Fluida atau Kecepatan Pengadukan

Laju korosi cenderung bertambah jika laju atau kecepatan aliran fluida bertambah besar. Hal ini karena kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion-ion logam akan makin banyak yang lepas sehingga logam akan mengalami kerapuhan (korosi) (Kirk Othmer, 1965).

3) Konsentrasi Bahan Korosif

Hal ini berhubungan dengan pH atau keasaman dan kebasaan suatu larutan. Larutan yang bersifat asam sangat korosif terhadap logam dimana logam yang berada didalam media larutan asam akan lebih cepat terkorosi karena merupakan reaksi anoda. Sedangkan larutan yang bersifat basa dapat menyebabkan korosi pada reaksi katodanya karena reaksi katoda selalu serentak dengan reaksi anoda (Djaprie, 1995)

4) Oksigen

Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi (Djaprie, 1995).

5) Waktu Kontak

Aksi inhibitor diharapkan dapat membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan adanya penambahan inhibitor kedalam larutan, maka akan menyebabkan laju reaksi menjadi lebih rendah, sehingga waktu kerja inhibitor untuk melindungi logam menjadi lebih lama. Kemampuan inhibitor untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan. (Uhlig , 1958).

5. Karakteristik Logam Jenis

Jenis logam sangatlah bermacam – macam. Hal ini sudah tercantum dalam standart di *American Standart of Mechanical Engineer* (ASTM). Dalam standart ini dijelaskan berbagai jenis logam dan unsur yang terkandung di dalamnya. Dari ASTM kita dapat mengetahui berapa persentase kandungan unsur yang terkandung. Untuk itu di bawah ini akan dijelaskan beberapa karakteristik jenis logam yang akan diuji yaitu jenis *Zeron 100*, SS-310, 17-4PH, dan SS-304.

a. *Zeron 100*

Zeron 100 awalnya dikembangkan oleh Dr. Kevan Gradwall saat bekerja di *Mather Platt* di Machester, Inggris. *Mather Platt* berhasil memasarkan *Zeron 100* terutama dalam pembuatan pompa sentrifugal canggih mereka untuk industri perminyakan. Bentuk tempa *Zeron 100* dilisensikan oleh *Mather Platt* ke British Steel. Selanjutnya, ketika *Weir Pumps* membeli *Mather Platt*, mereka mengambil alih materi namun bukan pengembangan asli *Zeron 100* (Richard, 1964).

Zeron 100 adalah baja stainless *super duplex* yang dikembangkan oleh *Rolled Alloys* (sebelumnya *Weir Materials*). Paduannya memiliki ketahanan korosi yang sangat baik dikombinasikan dengan kekuatan tinggi. Biasanya mengandung 25% kromium dan 7% nikel dan molibdenum 3.6% bersamaan dengan penambahan tembaga dan tungsten. *Zeron 100* memiliki struktur austenitik 50 : 50 feritik . Ini juga memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap pitting klorida, korosi celah dan retak korosi tegangan daripada yang ditunjukkan oleh baja tahan karat seri 300 standar. Penunjukan UNS dari *Zeron 100* adalah S32760 (Richard, 1964).

Zeron 100 dengan komposisi kromium 25%, molibdenum 3.6% dan tungsten 0,7% memiliki ketahanan pitting yang baik terhadap berbagai asam klorida dan organik. *Zeron 100* dibuat untuk memenuhi nilai resistansi pitting minimum setara (PREn) 40. Struktur feritik dan penambahan paduan, seperti nitrogen memberikan kekuatan luluh dua kali lipat dari 300 seri baja tahan karat (Lestari, 2000).

Zeron 100 disertakan dalam spesifikasi ASTM A240. Persyaratan sifat mekanik ruang minimumnya adalah 109.000 psi (kekuatan tarik akhir), 80.000 psi

(0,2% kekuatan imbal hasil offset) dan pemanjangan minimum 25% (Lestari, 2000)..

Zeron 100 memiliki penambahan tembaga yang memberikan ketahanan yang baik terhadap asam sulfat. Untuk alasan ini, digunakan dalam aplikasi penambangan asam, pengawet baja dan industri lainnya dimana asam sulfat ditemukan. Ada versi modifikasi dari *Zeron 100* untuk aplikasi tertentu. *Zeron 100FG* adalah kelas pengikat bar bulat. Ini adalah produk yang ditarik dingin dengan sifat kekuatan lebih tinggi dari pada standar *Zeron 100*. *Zeron 100AFP* adalah kelas penempa lanjutan yang telah dikembangkan untuk digunakan dalam aplikasi minyak dan gas bawah laut dimana sifat mekanik yang baik harus diawetkan pada suhu -70°C (Lestari, 2000)..

b. 17-4 PH

17-4PH Stainless Steel (SS) adalah presipitasi pengeras baja tahan karat martensitik. Penggunaannya terlihat pada aplikasi yang membutuhkan kekuatan tinggi atau besar dan tingkat ketahanan korosi yang sederhana. Kekuatan dan ketangguhan yang diinginkan dapat dimanipulasi dengan retnang bersuhu sedang dalam proses perlakuan panas. Jenis ini memiliki nomer seri standart dan termasuk ke dalam kualitas tinggi dengan nomer UNS S17400 (Johan Budi, 1998).

17-4PH Stainless Steel dapat digunakan untuk berbagai industri termasuk dalam industri poros pompa, jalur minyak, sil mekanik, dan dalam industri kedirgantaraan. Komposisinya adalah karbon, Kromium, Kobalt + Tantalum, Tembaga, Mangan, Nikel, Fosfor, Silikon, dan sulfur (Lestari, 2000).

17-4PH adalah pengerasan presipitasi Kromium-Nikel-Tembaga tahan karat yang digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan korosi sedang. Kekuatan tertinggi bisa mencapai suhu kira kira 600°F (316°C). Bahan ini memiliki ketahanan yang baik terhadap *Stress Corrosion Cracking* pada kondisi *Low Strength*. Kelas baja ini digunakan untuk berbagai aplikasi termasuk bagian katup ladang minyak, peralatan proses kimia, *fitting* pesawat tempa, pengencang pada poros pompa, roda gigi, bagian dari reaktor nuklir, dan bagian mesin – mesin jet. (Septian Hadi, 2003).

Penempatan kadar ini harus dilakukan antara 2150 / 2200⁰F (1180 / 1200⁰C) dan 1850⁰F (1010⁰C). Untuk ukuran butiran dan sifat mekanik yang optimal, tempa harus didinginkan sampai di bawah 90⁰F (32⁰C) sebelum diproses lebih lanjut. Tempa harus dicek terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pengerasan. Perlakuan panas tipe 17-4PH dikeraskan dengan memanaskan bahan yang diolah dengan larutan dengan suhu 620⁰C selama satu sampai empat jam, tergantung pada suhu, kemudian didinginkan di udara. Bagian tidak boleh digunakan dalam kondisi masih belum mencapai titik suhu 32⁰C karena memungkinkan timbulnya masalah pada retak korosi (Johan budi, 1998).

17-4PH dapat dilas dengan proses peleburan dan pengelasan resistansi terlindung. Pengelasan *Oxyacetylene* tidak disarankan karena pengambilan karbon mungkin terjadi pada lasan. Jika logam pengisi diperlukan, batang pengelasan tipe 17-4PH harus digunakan untuk menyediakan lasan dengan sifat dasar logam. Jika kekuatan tinggi tidak diperlukan logam pengisi karat austenitik cukup baik (Johan Budi, 1998).

Pengelasan dalam kondisi yang rusak biasanya cukup baik jika pengelasan tinggi kemungkinannya paling baik untuk mengelas kondisi overload (H1150). Jika dilas dalam kondisi yang rusak. (Dandy, 2015).

c. SS-304

Stainless steel merupakan salah satu logam yang memiliki ketahanan cukup tinggi terhadap serangan korosi. Adanya film dengan kandungan kromium oksida alami pada permukaan baja yang membuat stainless steel bisa tahan terhadap serangan korosi. Meski tipis, film ini sangat protektif dalam berbagai media korosif. Dengan adanya oksigen, film ini pun cepat memperbaiki diri. Meski sudah mengalami kerusakan akibat abrasi. Bagi anda yang masih awam, stainless steel memiliki istilah generik dalam keluarga paduan baja tahan korosi yang mengandung kromium 10,5% atau mungkin lebih. Stainless Steel 304 merupakan material dengan mutu sangat baik sebagai peralatan rumah tangga ataupun peralatan industri makanan. Hal inilah yang membuat Stainless Steel 304 menjadi material stainless yang paling serbaguna dan paling banyak digunakan.

Anda pun pasti sudah sering menemukan berbagai jenis produk yang terbuat dari Stainless Steel 304 (Quraisy Muhammad, 1890).

Baja tahan karat SAE 304 juga dikenal sebagai baja tahan karat A2 (Tidak sama dengan baja perkakas A2) atau secara komersial seperti baja tahan karat 18/10 atau 18/8. Baja SS-304 adalah baja *Stainless Steel* yang paling umum. Baja tersebut mengandung kromium antara (18 – 20%) dan nikel antara (8-10,5%). SS-304 merupakan baja tahan karat austenitik. Pada dasarnya baja jenis ini adalah baja non- magnetik dikarenakan kekurangan dalam hal elektrik dan konduktif secara termal daripada baja karbon. SS-304 memiliki ketahanan korosi yang lebih tinggi daripada baja biasa ydan banyak digunakan karena kemudahan terbentuknya berbagai bentuk. Komposisi ini dikembangkan oleh W.H. Hatfield di Firth-Vickers pada tahun 1924 dan dipasarkan dengan nama dagang “Staybrite 18/8” (Stuart Jonhsson, 1999).

SS-304 memiliki ketahan yang sangat baik terhadap berbagai lingkungan atmosfer dan banyak media korosif. Hal ini ditunjukkan pada korosi *Pitting* dan celah di lingkungan klorida hangat dan untuk mencegah korosi retak di atas sekitas 60⁰C (Stuart Jonhsson, 1999).

SS-304 digunakan untuk berbagai aplikasi rumah tangga dan industri seperti sekrup, bagian mesin, bagian mobil dan peralatan makanan. SS-304 juga digunakan di bidang arsitektural untuk aksesoris eksterior seperti fitur air dan api. Ini juga merupakan bahan koil umum untuk vaporizer yang dapat diperbaharui (Johan Budi, 1998).

Tipe 304 stainless steel adalah T 300 Series Stainless Steel austenitik . Ini memiliki minimal 18% krom dan nikel 8%, dikombinasikan dengan karbon maksimum 0,08%. Ini didefinisikan sebagai paduan austenitik kromium – nikel. Grade 304 adalah stainless standar "18/8" yang mungkin anda lihat di panci dan alat masak anda. Inilah beberapa karakteristiknya:

- pembentukan dan sifat pengelasan
- resistansi korosi / oksidasi berkat kandungan kromium
- kualitas gambar yang dalam

- ketangguhan yang sangat baik, bahkan sampai suhu cryonegic yang didefinisikan sebagai suhu yang sangat rendah
- sifat suhu rendah merespon dengan baik pengerasan oleh kerja dingin
- kemudahan pembersihan, kemudahan fabrikasi, keindahan penampilan

Bentuk dan hasil akhir dalam pengerjaan stainless steel 304 terkesan jauh lebih baik dan rapih dibanding stainless lainnya. Hal ini disebabkan karena stainless steel 304 memiliki karakteristik bentuk yang mudah saat dilas. Material stainless 304 sering digunakan oleh perusahaanperusaan besar tanah air, misalnya untuk food pan, grease trap, steamer, gas oven burner dan lain-lain (Lestari, 2000).

d. SS-310

Baja tahan karat 310 / 310S adalah paduan tahan panas austenitik dengan ketahanan yang sangat baik terhadap oksidasi di bawah kondisi siklik ringan sampai 2000°F. Kromium dan kandungan nikelnya yang tinggi memberikan ketahanan korosi yang sebanding, ketahanan yang unggul terhadap oksidasi dan retensi fraksi kekuatan suhu ruangan yang lebih besar daripada paduan austenitik umum seperti Tipe 304. Stainless 310 sering digunakan pada suhu kriogenik, dengan ketangguhan yang sangat baik untuk -450 ° F, dan permeabilitas magnetik rendah (Quraisy Muhammad, 1890).

SS-310 menggabungkan sifat suhu tinggi yang sangat baik dengan daktilitas dan kelayakan yang bagus, dirancang untuk layanan bersuhu tinggi. SS-310 menolak oksidasi dalam pelayanan terus menerus pada suhu sampai 1150⁰C yang menyediakan pengurangan gas belerang sampai tidak ada (Stuart Johansson, 1999).

SS-310 (UNS S31008) digunakan saat lingkungan aplikasi melibatkan bahan kimia lembab dalam kisaran suhu yang lebih rendah daripada yang biasanya dianggap sebagai “Suhu tinggi”. Kandungan karbon yang lebih rendah dari 310S tidak mengurangi kekuatan suhu tinggi dibandingkan dengan 310. Nilai austenitiknya memiliki ketangguhan yang sangat baik, bahkan sampai pada suhu

kriogenik, walaupun nilai lainnya biasanya digunakan di lingkungan saja (Johan Budi, 1998).

Tipe SS-310 (dan versi lain dari tipe SS-310) adalah versi karbon maksimum 0,03% dari 310, kadang – kadang digunakan untuk lingkungan korosif yang sangat spesifik, seperti produksi UREA. Karena kadar kromium dan kandungan nikelnya yang tinggi, Paduan SS-310 tahan terhadap sulfidasi dan juga dapat digunakan di atmosfer karburasi moderat (Lestari, 2000).

SS-310S (UNS S31008) adalah versi terendah karbon dari paduan SS-310. Hal ini dimanfaatkan untuk kemudahan fabrikasi. 310H (UNS S31009) adalah modifikasi karbon tinggi yang dikembangkan untuk meningkatkan ketahanan *Creep*. Dalam kebanyakan kasus, ukuran butir dan kandungan karbon pelat dapat memenuhi persyaratan 310S dan 310H. Paduan korosi basah 310 tidak dirancang untuk layanan di lingkungan korosif basah. Kandungan karbon tinggi, yang ada untuk meningkatkan sifat *Creep*, memiliki efek yang merugikan pada ketahanan korosi air. Baja jenis ini cenderung terkena korosi intergranular setelah terpapar jangka panjang pada suhu tinggi. Namun, karena kandungan kromium yang tinggi (25%), paduan 310 lebih tahan korosi daripada paduan tahan panas. Korosi temperatur tinggi dengan nilai kromium (25%) dan silikon (0,6%) dari baja 310 membuatnya lebih tahan terhadap korosi suhu tinggi di sebagian besar lingkungan (Lestari, 2000).

6. *X-Rays Fluorescence (XRF)*

XRF (*X-Rays Fluorescence*) merupakan teknik analisa *Non-Desktruktif* yang digunakan untuk mengidentifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sampel cair. XRF mampu mengukur elemen dari *Berilium* (Be) hingga Uranium pada level *trace element*, bahkan dibawah level ppm. Secara umum, XRF Spektrometer mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi *fluorescence* yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-x (Panalytical, 2009).

Teknik fluoresensi sinar-x (XRF) merupakan suatu teknik analisis yang dapat menganalisa elemen kimia dengan menggunakan karakteristik sinar-x.

Teknik ini juga dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur berdasarkan pada panjang gelombang dan jumlah sinar-x yang dipancarkan kembali setelah suatu material ditembak dengan sinar x berenergi tinggi.



Gambar 6. XRF Portable

(Sumber : Operator of Portable X-ray Fluorescence Analyzers)

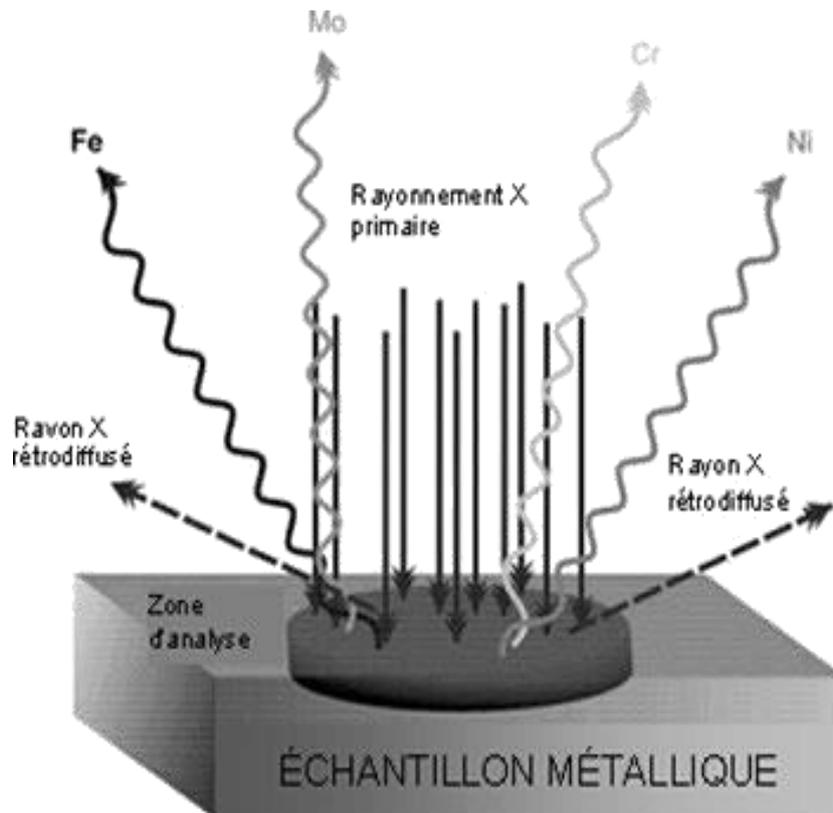
Berdasarkan karakteristik sinar-x yang dipancarkan, elemen kimia dapat diidentifikasi dengan menggunakan WDXRF (*wavelength dispersive XRF*) dan EDXRF (*Energy Dispersive XRF*). WDXRF (*wavelength dispersive XRF*) dispersi sinar-x didapat dari difraksi dengan menggunakan *analyzer* yang berupa kristal yang berperan sebagai *grid*. Kisi kristal yang spesifik memilih panjang gelombang yang sesuai dengan hukum *bragg*. Sedangkan EDXRF (*Energy Dispersive XRF*) bekerja tanpa menggunakan kristal, namun menggunakan software yang mengatur seluruh radiasi dari sampel ke detektor (Panalytical, 2009).

XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa komposisi kimia beserta konsentrasi unsur – unsur yang terkandung dalam suatu sampel dengan metode spektrometri. XRF umumnya digunakan untuk menganalisa unsur dalam mineral atau batuan. Analisa unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan untuk menganalisa jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisa kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan (Wahyu, 2011).

Adapun kegunaan dari *X-Rays Fluoresence* ialah sebagai berikut. *X-Ray Fluoresence* digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam berbagai hal diantaranya penelitian di Petrologi beku, sedimen dan metamorf survei tanah, Pertambangan (Misalnya mengukur nilai dari bijih), Produksi semen, Keramik dan kaca manufaktur, Metalurgi (misalnya kontrol kualitas), Lingkungan studi (misalnya analisis partikel pada filter udara), Industri perminyakan, Bidang geologi dan lingkungan untuk menganalisis kandungan tanah(Wahyu, 2011).

X-Ray Fluoresence sangat cocok untuk penyelidikan yang melibatkan massal kimia analisis elemen utama (Si,Ti,Al,Fe,Mn,Mg,Ca,Na,K,P) dalam batuan dan sedimen, massal kimia analisis unsur jejak (dalam kelimpahan >1 ppm;Ba,Ce,Co,Cr,Cu,Ga,La,Nb,Ni,Rb,Sc,Sr,Rh,U,V,Y,Zr,Zn) di batuan dan sedimen (Angela, 2005).

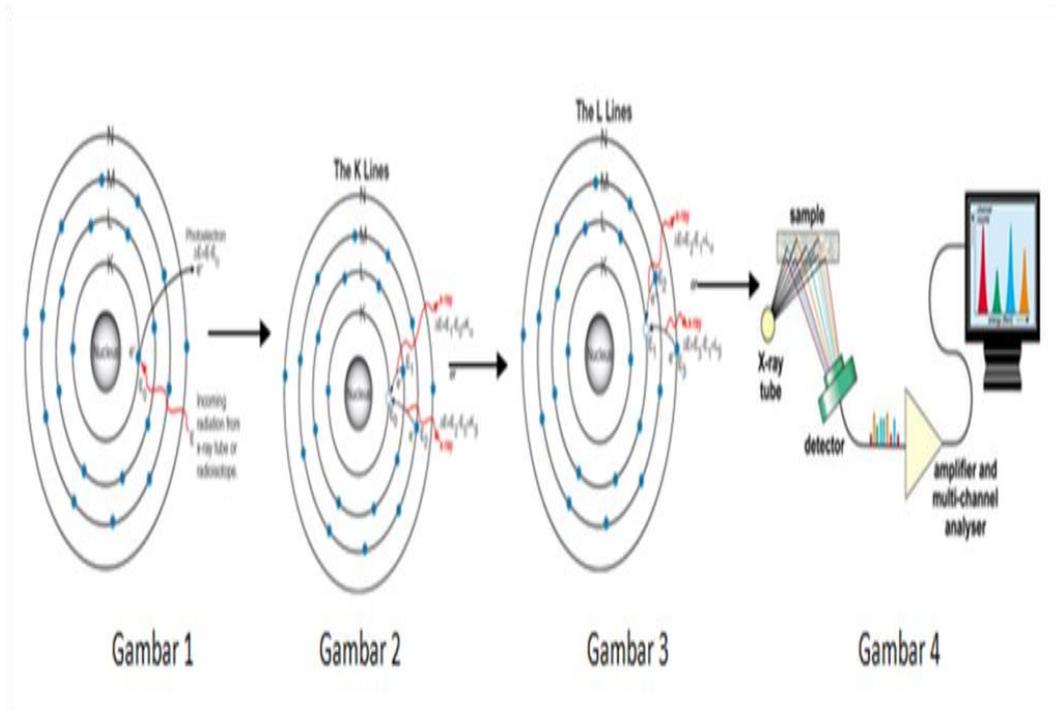
Radiasi Emisi dari sample yang dikenai sinar-X akan langsung ditangkap oleh detektor. Detektor menangkap foton – foton tersebut dan dikonversikan menjadi impuls elektrik. Amplitudo dari impuls elektrik tersebut bersesuaian dengan energi dari foton – foton yang diterima detektor. Impuls kemudian menuju sebuah perangkat yang dinamakan MCA (*Multi-Channel Analyzer*) yang akan memproses impuls tersebut. Sehingga akan terbaca dalam memori komputer sebagai channel. *Channel* tersebut yang akan memberikan nilai spesifik terhadap sampel yang dianalisa. Pada XRF jenis ini, membutuhkan biaya yang relatif rendah, namun keakuratan berkurang (Gosseau,2009).



Gambar 7. XRF Proses

(Sumber : Operator of Portable X-ray Fluorescence Analyzers)

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan X-Ray yang terjadi akibat efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena electron dalam atom pada sampel terkena sinar berenergi tinggi (X-Ray). Berikut adalah penjelasan prinsip kerja XRF berdasarkan efek fotolistrik:



Gambar 8. Penjelasan Prinsip Kerja XRF

(Sumber : www.azom.com)

Gambar 1 adalah elektron di kulit K yang terpental keluar dari atom akibat dari radiasi sinar-x yang datang. Akibatnya, terjadi kekosongan/vakansi elektron pada orbital

Gambar 2 adalah elektron dari kulit L atau M “turun” untuk mengisi vakansi tersebut disertai oleh emisi sinar-x yang khas dan meninggalkan vakansi lain di kulit L atau M

Gambar 3 adalah saat vakansi terbentuk di kulit L, elektron dari kulit M atau N “turun” untuk mengisi vakansi tersebut sambil melepaskan sinar-x yang khas.

Gambar 4 adalah spektrometri XRF memanfaatkan sinar-x yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan.

Apabila terjadi eksitasi sinar-x primer yang berasal dari tabung x-ray atau sumber radioaktif mengenai sampel, sinar-x dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material. Proses dimana sinar-x diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energinya pada elektron yang terdapat pada kulit yang lebih dalam disebut efek

fotolistrik. Selama proses ini, bila sinar-x primer memiliki cukup energi, elektron akan pindah dari kulit yang di dalam menimbulkan kekosongan. Kekosongan ini menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil. Apabila atom kembali pada keadaan stabil, elektron dari kulit luar pindah ke kulit yang lebih dalam dan proses ini menghasilkan energi sinar-x yang tertentu dan berbeda antara dua energi ikatan pada kulit tersebut. Emisi sinar-x dihasilkan dari proses yang disebut *X-Ray Fluorescence* (XRF). Proses deteksi dan analisa XRF. Pada umumnya kulit K dan L terlibat pada deteksi XRF. Sehingga sering terdapat istilah K alpha dan K beta serta L alpha dan L beta pada XRF. Jenis spektrum X-ray dari sampel yang diradiasi akan menggambarkan puncak-puncak pada intensitas yang berbeda (Viklund, 2008).

Adapun *X-Rays Fluorescence* memiliki kelebihan dan kekurangan karena setiap alat pasti memiliki suatu efisiensi kegunaan. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dari *X-Rays Fluorescence* (XRF) (Ardiansyah, 2013).

Tabel 9. Kelebihan dan Kekurangan *X-Rays Fluoresence* (XRF)

No.	Kelebihan	Kekurangan
1.	Cukup mudah, murah, dan analisisnya cepat	Tidak cocok untuk analisa elemen yang ringan seperti H dan He
2.	Jangkauan elemen hasil analisa akurat	Analisa sampel cair membutuhkan Volume gas helium yang besar
3.	Membutuhkan sedikit sampel pada tahap preparasinya (untuk <i>Trace</i> elemen)	Preparasi sampel biasanya membutuhkan waktu yang cukup lama
4.	Dapat digunakan untuk analisa elemen mayor maupun trace elemen (>1 ppm)	Tidak dapat mengetahui senyawa apa yang dibentuk oleh unsur – unsur yang terkandung dalam material
5.	Mudah digunakan dan sampel dapat berupa padat, bubuk (butiran), dan cairan	Tidak dapat menentukan struktur dari atom yang membentuk material itu
6.	Tidak merusak sampel (<i>Non-Destructive Test</i>)	Membutuhkan perlakuan yang banyak
7.	Banyaknya unsur yang dapat dianalisa sekaligus (Na-U)	
8.	Konsentrasi dari ppm hingga 100 %	
9.	Hasil keluar dalam beberapa menit, tergantung aplikasi	
10.	Menjadi metoda analisa unsur standar dengan banyaknya metoda analisa ISO dan ASTM yang mengacu pada analisa XRF,	

XRF memiliki tabel referensi karakteristik energi X-Rays yaitu yang berfungsi untuk kalibrasi alat XRF itu sendiri. Adapun tabel referensi ada di bawah ini.

Tabel 10. Reference: Characteristic X-Ray Energies in KeV

Element	Symbol	Atomic number	K-alpha line	K-beta line	L-alpha line	L-beta line
Hydrogen	H	1	0	0	0	0
Carbon	C	6	0.282	0	0	0
Neon	Ne	10	0.851	0.86	0	0
Sodium	Na	11	1.04	1.07	0	0
Magnesium	Mg	12	1.25	1.30	0	0
Silicon	Si	14	1.74	1.83	0	0
Calcium	Ca	20	3.69	4.01	0.34	0
Copper	Cu	29	8.04	8.9	0.93	0.95
Zinc	Zn	30	8.63	9.57	1.01	1.03
Molybdenum	Mo	42	17.48	19.63	2.29	2.4
Tin	Sb	50	25.27	28.5	3.44	3.66
Gadolinium	Gd	64	42.6	49.3	6.06	6.71
Tungsten	W	74	59.31	67.23	8.39	9.67
Bismuth	Bi	83	77.1	87.34	10.84	13.02
Uranium	U	92	98.43	111.29	13.61	17.22

(Sumber : ASTM A240)

Dalam penelitian ini, alat yang digunakan ialah alat *Niton XL2 GOLDD* memiliki cara kerja yaitu Sinar-X diarahkan pada permukaan benda yg diuji. Energi sinar-X ini menyebabkan elektron-elektron yang terdapat pada benda uji keluar dari orbitnya. Karena elektron keluar dari orbitnya maka terjadi kekosongan dan elektron yg berada di kulit lain mengisi kekosongan tersebut, sehingga menghasilkan sinar-X karakteristik. Sinar-X karakteristik ini diterima oleh detektor dan diubah menjadi sinyal listrik kemudian diteruskan ke pre-amp.

Pre-Amp menguatkan sinyal tersebut dan mengirimkannya ke *Digital Signal Processor* (DSP). DSP mengumpulkan dan men-*digitalisasi* hasil dari sinar-X dan mengirimkan hasil spektrum ke CPU untuk diproses. CPU memproses secara matematis mengubah spektrum sinar-X menjadi analisis komposisi secara detail. Data komposisi langsung ditampilkan pada layar dan disimpan ke dalam memori sebagai data atau untuk di *download* ke komputer. Alat ini memiliki keuntungan yaitu hasil didapat dengan cepat, tidak merusak, kualitatif dan/atau kuantitatif analisis multi-elemen, sedikit atau tidak membutuhkan persiapan sample, dapat digunakan untuk tipe sample yg berbeda-beda bentuk dan ukuran padat, bubuk, cair, berulir, dll. Kalibrasi mencakup range batas deteksi sampai 100%, dapat digunakan di lingkungan yang ekstrim dengan suhu tinggi, bergetar, berisik, berdebu, hujan, salju, panas, dingin, dll. Namun alat ini memiliki kelemahan elemen-elemen bernomor atom dibawah 12 dibutuhkan helium purge, tidak dapat mendeteksi Karbon, batas deteksi (0.01 - 0.1%). Kemampuan analisis alat ini dapat menganalisis 29 elemen: elemen-elemen dari Mg* sampai U termasuk Mg*, Al*, Si*, P*, S, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Hf, Ta, W, Re, Pb, Zr, Nb, Mo, Ru, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb. Analisis *alloy* dalam 1 sampai 5 detik (Angela, 2005).

Cara aman menggunakan alat ini adalah jangan pernah mengarahkan alat ini pada diri sendiri ataupun orang lain pada saat *shutter* terbuka, jarak aman kira-kira 1 meter, berdiri dibelakang atau disamping alat pada saat dioperasikan, jangan biarkan *shutter* terbuka dengan sengaja, jangan meletakkan alat di tempat yang mudah jatuh, gunakan personal dosimeter jika dibutuhkan (Wahyu, 2011).

7. *Optical Emission Spectroscopy (OES)*

Optical Emission Spectroscopy (OES) merupakan alat spektroskopi yang digunakan untuk pengukuran secara kuantitatif emisi optik dari eksitasi atom untuk menjelaskan analisis konsentrasi suatu unsur material. Analisis sampel pada OES didasarkan karena adanya pemecahan energi yang direpresentasikan dalam bentuk panjang gelombang dan melibatkan pergerakan elektron didalam suatu atom. Prinsip dasar dari analisa ini yaitu apabila atom suatu unsur ditempatkan

dalam suatu sumber energi kalor (sumber pengekstiasi), maka elektron di orbital paling luar atom tersebut yang tadinya dalam keadaan dasar atau “*ground state*” akan tereksitasi ke elektron dengan tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan elektron yang tereksitasi itu merupakan keadaan yang sangat tidak stabil, maka elektron yang tereksitasi itu secepatnya akan kembali ke tingkat energi semula yaitu keadaan dasarnya (*ground state*). Sedangkan atom yang tereksitasi akan dibuang keluar berupa emisi sinar dengan panjang gelombang yang karakteristik bagi unsur yang bersangkutan (Twyman,2005).



Gambar 9. Optical Emission Spectroscopy (OES)

(Sumber : Optical Emission Spectroscopy, Oxford University)

Pengujian OES dilakukan untuk mengetahui persentase komposisi unsur kimia dalam spesimen uji. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM A571 yang berisi tentang metode analisis komposisi kimia untuk baja, baja tahan karat, dan baja paduan lain. Preparasi spesimen dilakukan dengan mengamplas permukaan agar permukaan menjadi rata dan bersih (Nayan, 2009).

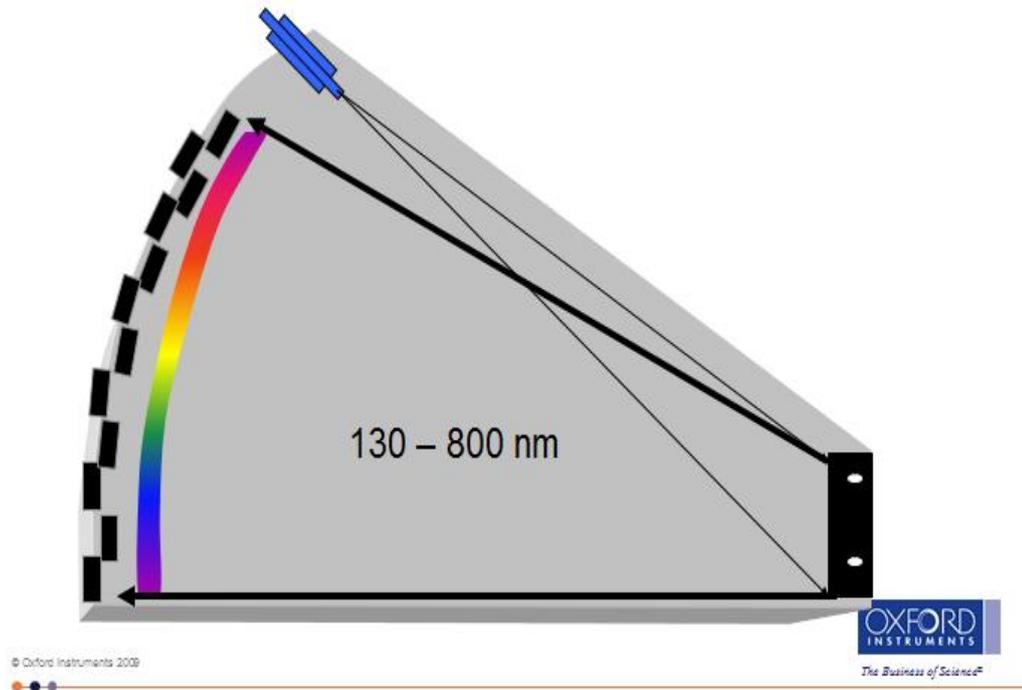
Pada OES, energi yang diperoleh dari atom yang mengemisikan radiasi elektromagnetik dikumpulkan dan di analisisi oleh spektrometer. Emisi yang terbentuk pada frekuensi tertentu dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis unsur pada spesimen uji. Berdasarkan teori kuantum, elektron menempati level energi yang terendah saat kondisi normal (*ground State*). Namun, ketika atom diberi energi potensial dari luar maka elektron dapat tereksitasi keluar kulit menempati tingkat energi yang lebih tinggi. Kondisi tersebut dinamakan kondisi tereksitasi. Elektron yang keluar ditangkap oleh detektor dan sistem komputer akan mengenalinya melalui konfigurasi energi dari elektronnya. Jadi unsur yang terdapat pada spesimen dapat diketahui baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Nayan, 2009).

Suatu teknik yang digunakan dalam analisis komposisi berdasarkan bahwa elektron, saat bersemangat (yaitu dipanaskan sampai suhu tinggi), melepaskan cahaya panjang gelombang tertentu. Kehadiran atau ketidakhadiran dari berbagai unsur didirikan dengan memeriksa garis spektral yang sesuai dengan panjang gelombang karakteristik mereka. Umumnya, metode ini memberikan akurasi hanya 25 persen dan telah diganti oleh ICPs (induktif spektrometri emisi ditambah plasma) (Lucky,2009).

Adapun kegunaan dari *Optical Emission Spectroscopy* sangatlah banyak di dalam bidang – bidang yang membutuhkan hasil analisis kandungan diantaranya digunakan untuk analisa kandungan pada logam, Digunakan untuk proses pengontrolan, Digunakan dalam bidang pengecoran logam.

Eksitasi atom mampu digunakan untuk menganalisis konsentrasi suatu material dan hasil pengukurannya merupakan hasil konsentrasi unsur secara simultan, tergantung panjang gelombang yang dihasilkan masing masing unsur dalam material. Eksitasi terhadap sampel di dalam OES tidak dilakukan dengan melakukan penyinaran. Namun, eksitasi atom dilakukan dengan memberikan kalor atau tegangan listrik (ARC). Hasil analisis OES tidak hanya berupa panjang gelombang yang merepresentasikan jenis unsur, tetapi juga nilai intensitas. Intensitas merupakan suatu besaran yang menunjukkan banyaknya energi yang dipancarkan oleh suatu sumber. Intensitas dalam kaitannya dengan OES berarti banyaknya energi yang dipancarkan oleh elektron dalam unsur tertentu ketika mengalami deeksitasi. Intensitas energi yang dipancarkan oleh unsur di dalam logam berhubungan dengan nilai konsentrasi unsur tersebut. Semakin banyak jumlah unsur tertentu di dalam material berarti semakin banyak elektron yang mengemisikan cahaya ketika mengalami deeksitasi. Detektor mampu mendeteksi kuantitas cahaya yang diemisikan oleh elektron tersebut. Nilai intensitas energi yang diterima detektor merepresentasikan konsentrasi unsur. Semakin tinggi intensitas energi suatu unsur, maka semakin besar konsentrasi unsur tersebut di dalam logam (Twyman,2005).

Schematic view of optical system



Gambar 10. Schematic View of Optical System

(Sumber : Optical Emission Spectroscopy, Oxford University)

Mengukur intensitas dari energi/radiasi yang dipancarkan dalam bentuk sinar oleh atom-atom yang mengalami perubahan tingkat-tingkat energi elektron (eksitasi, de-eksitasi). Atom - atom tereksitasi dihasilkan dari proses pembakaran lokal pada permukaan bahan. Pembakaran lokal mengakibatkan molekul-molekul senyawa menguap dan terurai menjadi atom-atom unsur yang bersangkutan. Pada keadaan ini, terjadi eksitasi elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Kemudian sambil kembali ke keadaan dasar elektron akan mengemisikan energi melalui pancaran sinar (Suryanto, 2010).

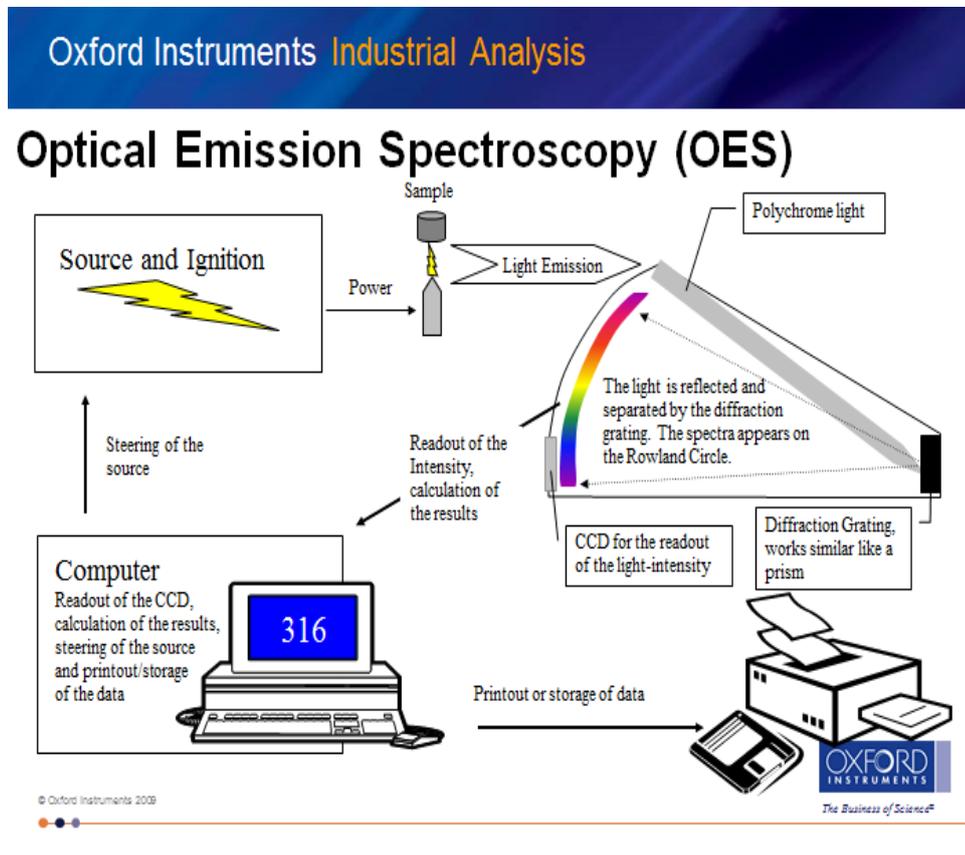
Optical Emission Spectroscopy (OES) memiliki kelebihan dan kekurangan diantaranya,

Tabel 11. Kelebihan dan Kekurangan *Optical Emission Spectroscopy (OES)*

No.	Kelebihan	Kekurangan
1.	Kemampuan mengidentifikasi dan mengukur semua elemen yang diukur dengan bersamaan	Batas deteksi pada umumnya rendah untuk sebagian besar elemen khas dengan rentang dari 1 – 100 mg/L
2.	Mudah digunakan dan dapat menguji sampel dalam bentuk padat maupun organik	Walaupun secara teori, semua unsur kecuali Argon dapat ditentukan menggunakan OES, namun beberapa unsur tidak stabil memerlukan fasilitas khusus untuk menanganinya
3.	Cocok untuk mengukur semua konsentrasi elemen dari ultratrace sampai ke tingkat komponen utama	OES memiliki kesulitan menangani analisis senyawa halogens
4.	Dapat menyelesaikan pembacaan berbagai elemen yang dianalisis dapat dilakukan dalam jangka waktu yang singkat	Optik khusus untuk transmisi <i>wavelength</i> sangat singkat diperlukan

Dalam penelitian ini menggunakan alat *Arc Met 8000* merupakan salah satu alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi unsur suatu material dengan menggunakan prinsip kerja spektroskopi emisi atomik atau OES. *Arc Met 8000* memiliki beberapa metode penyajian yaitu *low alloy steels*, *high alloy steels* dan model lain seperti aluminium, tembaga, nikel, kobalt, magnesium, zirconium, dan titanium. *Arc Met 8000 Mobile Lab Portable Spectrometer* merupakan spektrometer *portable* yang sangat ideal untuk menentukan semua elemen di *Carbon Steels*, *Alloy Steels*, dan *Stainless Steel*. Hal ini juga dapat digunakan untuk menganalisis bahan *Ferrous* dan *Non Ferrous* termasuk nikel, kobalt,

aluminium, dan paduan dasar tembaga bersama dengan carbon rendah paduan dan *stainless steels*. Pada *Arc Met 8000* yang dimiliki oleh PT Petrokimia Gresik merupakan produksi dari *Oxford Instrumen Analytical Oy* (Hendrawan susanto, 2009).



Gambar 11. Arc Met 8000 berbasis OES

(Sumber : Optical Emission Spectroscopy, Oxford University)

Seperangkat *Arc Met 8000* terdiri dari sebuah *probe*, *console* yang dilengkapi dengan gas container, dan *power supply*. *Probe* berhubungan langsung dengan *console* melalui sebuah kabel dan keduanya terintegrasi dengan gas container serta *power supply*. Bagian depan sebuah *probe* pada *Arc Met 8000* terdiri dari *window* dan elektroda. *Window* adalah tempat menempelkan sampel logam. Disekitar *window* terdapat sebuah celah melingkar yang merupakan tempat keluarnya gas argon. Gas argon berfungsi untuk mengisolasi sampel yang diuji agar tidak terhubung dengan lingkungan luar. Elektroda berfungsi sebagai tempat untuk mengalirkan arus listrik (ARC). Elektroda pada *probe Arc Met 8000* terbuat

dari kawat Tungsten yang memiliki titik leleh yang tinggi yaitu sekitar 3422 °C. Serangkaian alat ini juga dilengkapi dengan sebuah detektor (Kalkkinen, 2009).

Detektor yang digunakan adalah berupa film foto atau tabung penggandaan foton (*Photon Multiplier Tube/PMT*). PMT terdiri dari tabung kaca hampa udara yang sebagian dindingnya terbuat dari kuarsa, bagian dalam terdiri dari katoda yang permukaannya dilapisi suatu bahan yang akan mengeluarkan elektron bila dikenai sinar. Selanjutnya yaitu sebuah elektroda yaitu *dynode* yang diberi tegangan listrik dan dapat mengeluarkan elektron bila permukaannya dikenai berkas elektron yang dipercepat (Hendrawan susanto, 2009).

Selain adanya detektor, *Arc Met 8000* juga menggunakan gas argon sebagai pengoksidasi dan mengisolasi sampel yang sedang diuji agar tidak berhubungan dengan lingkungan luar. Argon merupakan unsur kimia yang tergolong gas mulia. Argon sering digunakan karena dapat dimanfaatkan sebagai pelindung inert untuk *arc welding* dan *cutting*. Selain itu, argon juga memiliki sifat-sifat yaitu molekul argon hanya terdiri dari satu atom argon yaitu Ar dan argon tidak dapat membentuk campuran kimia sejati. Sehingga argon digunakan sebagai sumber utama pada *Arc Met 8000* (Bogaerts and Renaat Gijbels Annemie, 1998).

Adapun klasifikasi jenis logam dari OES adalah sebagai berikut menurut (Bogaerts and Renaat Gijbels Annemie, 1998).

1. *Low Alloy Steels*

Model *Low Alloy Steels* digunakan untuk sampel material baja paduan dengan kadar unsur paduan rendah (<8%).

2. *Universal Cooper*

Model ini digunakan untuk sampel material berbahan dasar tembaga.

3. *Low Alloy High Mn*

Model ini digunakan untuk sampel material yang kandungan bahan campuran mangan yang tinggi.

4. *Cr-Ni Steels*

Model ini digunakan untuk sampel material dengan bahan baja sebagai unsur minornya dan krom-nikel sebagai paduan utamanya.

5. *Cast Iron*

Model ini digunakan untuk sampel material yang memiliki kandungan baja sangat tinggi.

6. *Cr Steels*

Model ini digunakan untuk sampel material berbahan dasar krom dengan paduan baja.

7. *Tool Steels*

Model ini digunakan untuk sampel baja perkakas.

8. *Al Alloys*

Model ini digunakan untuk sampel aluminium paduan.

9. *Ni Alloys*

Model ini digunakan untuk sampel nikel paduan.

10. *Al Bronze*

Model ini digunakan untuk sampel aluminium perunggu.

11. *Brasses*

Model ini digunakan untuk sampel berupa kuningan.

(Kalkkinem, 2009)

8. Kandungan Unsur Kimia

Dalam logam terdapat banyak unsur kimia yang terkandung di dalamnya. Dalam penelitian ini unsur yang sangat berpengaruh terhadap ketahanan korosi ialah *Kromium dan Nickel* karena sifat dan karakteristik dari kedua unsur tersebut yang sangat tepat diteliti. Adapun penjelasan tentang unsur *Kromium* dan *Nickel* akan dijelaskan secara jelas dalam tinjauan pustaka berikut ini.

a. *Kromium (Cr)*

Kromium atau dikenal dengan logam Cr merupakan salah satu logam mineral yang keberadaannya terkandung dalam lapisan bumi. Kromium adalah elemen yang secara alamiah ditemukan dalam konsentrasi yang rendah di batuan, hewan, tanaman, tanah, debu vulkanik dan juga gas. Logam Cr sering ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat/mineral dengan unsur-unsur yang lain. Kata kromium berasal dari kata Yunani “*Chroma*” yang berarti warna. Kromium

ditemukan pertama kali oleh Vauquelin pada tahun 1797. Kromium merupakan logam transisi yang mempunyai konfigurasi elektron $[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$ (Manahan, 1992), kromium memiliki nomor atom 24 dan massa atom relatif 51,996 gram/mol, titik didih 2665°C , titik leleh 1875°C , dan jari-jari atom 128 pm (Sugiyarto, 2003).

Logam Cr berwarna abu-abu dan keras dengan berat jenis 7,19 g/mL serta panas laten penguapannya 1474 kal/kg (Vogel, 1985). Logam ini memiliki tingkat oksidasi +2 sampai +6, namun yang sering dijumpai adalah tingkat oksidasi +3 dan +6 (Manahan, 1992). Kromium tidak larut dalam air dan asam nitrat, tetapi larut dalam asam sulfat encer dan asam klorida. Kromium juga tidak dapat bercampur dengan basa, halogen, peroksida, dan logam. Kromium harus dihindarkan dari panas api, percikan api dan sumber-sumber yang dapat menyebabkan kebakaran (Vogel, 1985).

Kromium banyak digunakan secara luas dalam penyepuhan, penyamakan kulit, pelapis kromat dan pelapis logam (Malkoc, 2007). Kromium mempunyai sifat tidak mudah teroksidasi oleh udara, karena itu banyak digunakan sebagai pelapis logam, pengisi stainless steel, lapisan perlindungan untuk mesin-mesin otomotif dan perlengkapan tertentu (Sax, 1987). Asam kromat di laboratorium digunakan sebagai oksidator, mencuci peralatan laboratorium, dan sebagai katalis. $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam jumlah banyak digunakan dalam penyamakan kulit (Ahmad, 1992). Cr dalam bidang pengobatan dapat digunakan sebagai radio isotop kromium (Palar, 1994). Asam kromat dalam bidang industri digunakan sebagai bahan untuk kaca berwarna, pembersih logam, bahan untuk tinta, dan cat (Palar, 1994).

b. Nickel (Ni)

Nikel adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomer atom 28. Nikel memiliki sifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras (Indriwara, 2016).

Perpaduan nikel, krom, dan besi menghasilkan baja tahan karat (*Stainless Steel*) yang banyak digunakan pada peralatan dapur, ornamen – ornamen rumah dan gedung, serta komponen industri (Indriwara, 2016).

Nikel ditemukan oleh Cronstedt pada tahun 1751 dalam mineral yang disebutnya Kupfernickel (nikolit). Nikel adalah komponen yang ditemukan banyak dalam meteorit dan menjadi ciri komponen yang membedakan meteorit dari mineral lainnya. Meteorit besi atau sideriyt, dapat mengandung alloy besi dan nikel berkadar 5-25% (Marriana, 2005).

Berdasarkan tahapan proses, pengolahan nikel dapat dilakukan dalam tiga tahapan proses, yaitu Tahap Preparasi, Tahap Pemisahan, dan Tahap Dewantering. Kegiatan pengolahan ini bertujuan untuk membebaskan dan memisahkan mineral berharga atau mineral yang tidak berharga atau pengotor sehingga setelah dilakukan proses pengolahan dihasilkan konsentrat yang bernilai tinggi dan tailing yang tidak berharga. Metode yang dipakai bermacam – macam tergantung dari sifat kimia, sifat fisika, sifat mekanik dari mineral itu sendiri. Nikel merupakan logam berwarna putih keperak – perakan, ringan, kuat anti karat, bersifat keras, mudah ditempa, sedikit ferromagnetik, dan merupakan konduktor yang agak baik terhadap panas dan listrik. Nikel tergolong ke dalam grup besi-kobal, yang sangat menghasilkan alloy yang sangat berharga (Marriana, 2005).

B. KERANGKA BERPIKIR

Pada dunia industri, alat produksi maupun penunjang produksi tidak terlepas dari material yang berasal dari logam. Oleh karena itu, alat produksi maupun penunjang produksi menjadi faktor penting untuk menghasilkan produk yang berkualitas nantinya. Material logam yang berfungsi sebagai alat produksi maupun penunjang produksi harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh suatu perusahaan.

Oleh karena itu, dilakukanlah pengujian untuk mengetahui sifat dari material logam itu sendiri. Pengujian tidak hanya berupa pengujian secara fisik melainkan juga secara komposisi unsur yang terkandung di dalamnya.

Pada penelitian kali ini, dilakukan pengujian terhadap material logam baja paduan paduan untuk mengetahui karakteristik dari suatu jenis logam ditinjau dari komposisi unsur yang terkandung didalamnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 alat yaitu *X-Rays Fluoresence (XRF)* dan *Optical Emission Spectroscopy (OES)*.

XRF merupakan teknik analisis *Non – Destruktif Testing* yang digunakan untuk mengidentifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk, ataupun sampel cair (Panalytical, 2009). XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa kandungan unsur kimia beserta konsentrasi unsur – unsur yang terkandung dalam suatu sampel dengan metode spektrometri (Wahyu, 2009).

OES merupakan alat spektroskopi yang digunakan untuk mengukur secara kuantitatif emisi optic dari eksitasi atom untuk menjelaskan analisis konsentrasi suatu unsur material (Twyman, 2005).

C. HIPOTESIS

Dari kerangka berpikir di atas dapat diduga bahwa :

1. Sebuah logam dapat terkorosi jika terpengaruh oleh hal – hal yang dapat menyebabkannya terkorosi. Oleh karena itu, setiap logam memiliki karakteristik tersendiri khususnya logam baja paduan *Stainless Steel* untuk dapat digunakan di bagian industri harus memenuhi spesifikasi kandungan unsur yang sesuai dengan yang dibutuhkan dalam industri.
2. Kandungan unsur logam mempengaruhi proses terjadinya korosi sehingga berpotensi untuk mengurangi kandungan logam saat sebelum digunakan dalam proses produksi.
3. Setiap logam memiliki karakteristik tersendiri, hal ini dapat terlihat dari besar intensitas yang terkandung dalam suatu logam berbeda – beda setiap jenisnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 3 bulan, dimulai dari bulan September 2017.

2. Tempat Penelitian

Tempat penelitian yang digunakan adalah Laboratorium uji mekanik (Inspeksi Teknik Khusus) PT Petrokimia Gresik, Laboratorium Uji bahan logam dan Laboratorium Fisika Material FMIPA UNY.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Gerinda, Ampelas, Lap Kain, *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Ray Fluorescence (XRF)* serta *ARC Met 8000* yang berbasis OES (*Optical Emission Spectroscopy*).

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah logam paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* dengan jenis *Zeron 100*, *SS-310*, *17-4PH*, *SS-304*.

C. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah logam baja paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* yang digunakan dalam proses produksi di PT. PETROKIMIA GRESIK.

D. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis logam paduan *Stainless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel* untuk pengujian sebelum dan sesudah mengalami korosi di pabrik.

2. Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah alat *XRF XL-2 GOLDD* berbasis *X-Rays Fluoresence* dan *Arc Met 8000* berbasis *Optical Emission Spectroscopy* untuk mengetahui karakteristik logam.

3. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Unsur logam yang terkandung
- b. K ev peak K Alfa dan K Beta
- c. Uji kandungan logam paduan *Steinless steel*, *Alloy steel*, dan *Carbon steel*

E. Cara Kerja

Adapun dalam cara kerja ini ada 2 metode yang digunakan yaitu adalah teknik pengambilan data dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Optical emission Spectroscopy* (OES).

1. Teknik Pengambilan Data X-Rays Fluoresence (XRF)

Langkah kerja dalam penelitian ini antara lain, penyediaan sampel dilakukan dengan menyiapkan bahan logam baja paduan dengan jenis dan type tertentu. Masing-masing logam diuji dengan *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Ray Fluorescence*(XRF). Sebelum mengidentifikasi unsur-unsur yang ada pada sampel logam, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat dengan cara menembakkan sinar-x pada logam yang telah diketahui komposisi unturnya melalui *Analytical Reference Materials International* (ARMI). Dimana ARMI merupakan referensi unsur yang menyusun suatu material yang telah tersertifikasi. Pada penelitian kali

ini, *specimen* yang digunakan untuk mengetahui keakuratan XRF adalah logam baja paduan dengan jenis dan type spesimen tertentu. Dimana logam yang ada di PT. Petrokimia Gresik. Sehingga dapat dibandingkan hasil antara yang ditunjukkan oleh XRF dengan data referensi yang sudah ada. Jika hasil yang ditunjukkan oleh XRF menunjukkan kemiripan atau masih dalam rentang yang diizinkan, maka dapat dipastikan bahwa XRF yang digunakan memiliki tingkat keakuratan yang tinggi.

Untuk mengidentifikasi material menggunakan *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Ray Fluorescence*(XRF), pertama bahan uji berupa logam digerinda atau diampelas agar permukaannya halus, namun ketika proses pengampelasan permukaan setelah diampelas harus benar-benar bersih caranya dengan membersihkan menggunakan kain lap agar bahan-bahan yang ada dalam ampelas tidak menempel pada permukaan bahan. Dalam tabung sinar-X bekerja dengan prinsip yaitu tegangan tinggi yang terjadi diberikan oleh suatu filamen, lalu elektron-elektron pada tabung sinar-X akan terlepas dan menumbuk target dan elektron-elektron yang menumbuk target nantinya akan menghasilkan sinar-X.

Sinar-X diarahkan pada permukaan benda yg diuji, lalu energi sinar-X ini menyebabkan elektron-elektron yang terdapat pada benda uji keluar dari orbitnya karena elektron keluar dari orbitnya maka terjadi kekosongan dan elektron yg berada di kulit lain mengisi kekosongan tersebut, sehingga menghasilkan sinar-X karakteristik. Sinar-X karakteristik ini diterima oleh detektor dan diubah menjadi sinyal listrik kemudian diteruskan ke *pre-amp*. *Pre-Amp* menguatkan sinyal tersebut dan megirimkannya ke *Digital Signal Processor* (DSP), kemudian DSP mengumpulkan dan men-*digitalisasi* hasil dari sinar-X dan megirimkan hasil spektrum ke CPU untuk diproses. CPU memproses secara matematis mengubah spektrum sinar-X menjadi analisis komposisi secara detail. Data komposisi langsung ditampilkan pada layar dan disimpan ke dalam memori sebagai data atau untuk di *download* ke komputer. Waktu penembakan material dengan sinar-X dapat diatur. Pada penelitian ini, digunakan 10 detik saat penembakan sinar-X. Waktu total pada pengujian ini 20 detik. Dimana 10 detik pertama digunakan untuk mengidentifikasi unsur-unsur utama dan 10 detik terakhir digunakan untuk

mengidentifikasi unsur-unsur pendukung. Setelah terjadi penembakan dengan sinar-X maka akan muncul komposisi logam baja paduan pada material. Dan dapat dilihat juga spektra dari komposisi material tersebut.

2. Teknik Pengambilan Data *Optical Emission Spectroscopy* (OES)

Untuk pengujian menggunakan *ARC MET 8000* yang berbasis *Optical Emission Spectroscopy*(OES), pertama sampel yang akan diuji digerinda agar permukaannya halus dengan menggunakan gerinda ataupun ampelas. *Optical Emission Spectroscopy*(OES), adalah sebuah spektrum frekuensi dari radiasi *elektromagnetik* yang memancarkan atom atau membuat molekul bertransisi dari tingkat energi yang tinggi ke tingkat energi rendah. Setelah bahan uji siap lalu sampel logam diletakkan di atas *probe ARC MET 8000*. Pada proses pembakaran terdapat dua fase yaitu *pre-burning* dan analisis *burn*. *Pre-burn* melelehkan area bahan uji untuk membersihkan area yang tidak diinginkan sedangkan analisis *burn*, mencatat spektrum dari bahan uji dan menyimpan hasilnya. Di bagian *probe* tersebut terdapat *window* dan *elektroda*. *Window* tersebut merupakan tempat menempelkan sampel logam dan elektroda yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik (*ARC*). Pada *window* terdapat sebuah celah melingkar tempat keluarnya gas argon. Ukuran dari sampel yang akan diamati harus sesuai *window* pada *probe*. Apabila ukuran sampel lebih kecil dari dimensi dari *window* maka akan menyebabkan pengujian yang tidak sempurna karena sampel tidak sepenuhnya menutupi bagian *burn chamber*.

Setelah itu, sampel diletakkan dan menutupi *window*, kemudian menekan tombol merah pada *probe* yang mengindikasikan bahwa proses pembakaran dimulai. Proses pembakaran sampel ini menggunakan energi panas dari arus listrik. Setelah beberapa detik, unit pada *console* yang terdapat pada alat OES ini, akan memproses data yang diperoleh dari hasil analisis pada *probe*. Kemudian tombol *burn* dilepaskan ketika lampu indikator menyala. Hasil keluaran yang didapatkan berupa komposisi unsur pada sampel logam dengan menggunakan metode *Cr-Ni Steels* yang sudah diatur pada alat. Hasil tersebut ditampilkan pada monitor dan dicetak dalam selebar ker

F. Diagram Alir Penelitian

1. Diagram Alir Menggunakan *Niton XL2 Goldd* yang berbasis *X-Rays Fluoresence (XRF)*



Gambar 13. Diagram alir pelaksanaan penelitian menggunakan *Niton XL2 Goldd* yang berbasis *X-Rays Fluoresence (XRF)*

2. Diagram Alir Menggunakan *Arc Met 8000* yang berbasis *Optical Emission Spectroscopy (OES)*



Gambar 14. Diagram alir pelaksanaan penelitian menggunakan *Arc Met 8000* yang berbasis *Optical Emission Spectroscopy (OES)*

EXAMINATION RECORD

Laporan pengujian minimal harus mencantumkan informasi berikut ini :

- (a) Identifikasi prosedur dan revisinya.
- (b) Jenis dan type penetrant material.
- (c) Type (kode angka dan huruf) *penetrant*, *remover* dan *developer*.
- (d) Identitas penguji, dan kualifikasi level, jika diperlukan.
- (e) *Mapping* dan *record indication*.
- (f) Material dan ketebalan.
- (g) Tanggal dan waktu pengujian.

G. ANALISA DATA

Berdasarkan pengujian terhadap spesimen logam telah dilakukan 3 kali pengujian di setiap jenis logam dengan metoda *X-Rays Fluorosence* (XRF).

Dengan bentuk tabulasi data adalah terdapat pada tabel 12. Terdapat 19 unsur yang terbaca pada pembacaan XRF, dengan besar energi eksitasi untuk setiap unsur pada jenis logam yang berbeda. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan hasil uji yang akan digunakan menggunakan hasil uji dari rata – rata.

Tabel 12. Besar Intensitas dari Logam Jenis Baja Paduan Berdasarkan XRF

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata – Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg					
2.	Al					
3.	Si					
4.	S					
5.	Cl					
6.	K					
7.	Ca					
8.	Ti					
9.	V					
10.	Cr					
11.	Mn					
12.	Fe					
13.	Co					
14.	Ni					
15.	Cu					
16.	Zn					
17.	Nb					
18.	Mo					

Tabulasi data di atas merupakan tabulasi dari intensitas yang terpancar dari XRF dengan mengambil besar puncak tertinggi pada kandungan unsur yang terbaca pada alat. Hasil dari XRF sendiri berupa grafik kandungan unsur – unsur dan besar intensitas atau puncak setiap unsur dan terdapat pula besar persentase kandungan unsur dari pembacaan pada alat XRF *Niton XL-2 Gold* dengan nilai peak yang sama di setiap jenis logam.

Adapun tabulasi data untuk besar persentase unsur kandungan penyusun logam di setiap jenis ialah tertera pada tabel 13.

Tabel 13. Persentase Kandungan Unsur Penyusun Logam Jenis Berdasarkan XRF

Uji Ke -	Persentase Kandungan Unsur Penyusun Logam (%)								
	Ni	Fe	Mn	Cr	S	Si	P	Co	Mo
1.									
2.									
3.									
Rata - Rata									

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dan analisis yang berasal dari aplikasi yang sudah terinstal dengan alat XRF dapat diolah dengan program *Microsoft Excel* dan untuk memplot grafik digunakan aplikasi *Microsoft Excel*.

Berdasarkan pengujian terhadap spesimen logam telah dilakukan 5 kali pengujian di setiap jenis logam dengan metoda *Optical Emission Spectroscopy* (OES). Dengan bentuk tabulasi data adalah :

Tabel 14. Data Hasil Uji *Optical Emission Spectroscopy* (OES)

Measurement Name : (Jenis Logam)						
Element	Last Result		(Jenis Logam 3)	(Jenis Logam 2)	(Jenis Logam 1)	(Jenis Logam 0)
Fe						
C						
Si						
Mn						
Cr						
Ni						
Mo						
Cu						
Ti						
Nb						
Al						
V						
W						
Ca						
S						
P						

Tabulasi data di atas merupakan tabulasi macam – macam unsur yang terkandung dalam 1 jenis logam dan besar presentase unsur yang terkandung yang suda ada pada pembacaan alat *Optical Emission Spectroscopy* (OES). Dimana data di atas menunjukkan 5 kali pengulangan. Pada Garfik “*Last Result*” itu adalah nilai terakhir yang dapat dibaca pada alat *Optical Emission Spectroscopy* (OES) dan menjadi nilai yang akan dibandingkan dengan Standarisasi pada ASTM (*American Standart Testing and Material*) dan metode uji lain seperti XRF pada Tugas akhir ini.

Berdasarkan analisis XRF dan OES didapatkan besar presentase yang terkandung pada jenis logam yang mana nantinya akan menentukan jenis logam apakah yang paling tahan terhadap korosi dengan mengacu pada nilai atau besar presentase *Kromium* dan *Nickel (Cr-Ni)*.

Hasil analisis di olah menggunakan program *Origin50* verrsi *6.1* dan *Microsoft Excel* serta aplikasi bawaan dari alat XRF seperti *NDT Analyzer Niton XL-2 GOLDD* dan dari alat OES yaitu komputer analisis pembacaan besar presentase unsur yang terkandung dengan nama *Oxford Instruments Analyzer of Optical Emission Spectroscopy*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Unsur Logam Baja *Stainless Steel* Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan 4 jenis baja paduan *Stainless Steel*, *Alloy Steel*, dan *Carbon Steel* yang sifat dan kandungan unsurnya terdapat dalam *American Standard Testing and Material* (ASTM). ASTM merupakan organisasi internasional yang mengembangkan standarisasi teknik untuk material, produk, sistem, dan jasa. Standart inilah yang dipakai untuk membandingkan hasil dari suatu bahan material dalam hal ini adalah material logam. ASTM adalah standar untuk yang telah diakui di seluruh negara di dunia. Dalam ASTM terdapat penomoran untuk menggambarkan logam baik dari komposisi kimia, proses manufaktur, dan perlakuan panas dikenal dengan istilah *UNS Designation System*. Adapun pengertian UNS sendiri ialah *Unified Numbering System*.

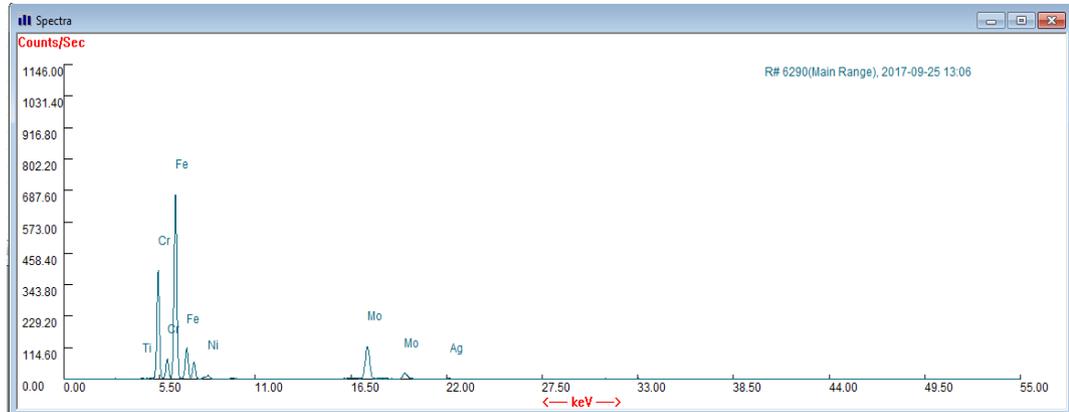
Adapun 4 jenis atau type baja paduan hasil eksperimen yang teridentifikasi dengan ASTM ialah Type *Zeron 100* dengan nomer UNS S32760, Type SS-310 dengan nomer UNS S31000, Type 17-4PH dengan nomer UNS S17400, dan Type SS-304 dengan nomer UNS S30400.

Penelitian ini untuk menguji kandungan unsur apa saja yang terdapat dalam 4 jenis logam dengan menggunakan alat *X-Rays Fluorescence*(XRF) dan *Optical Emission Spectroscopy* (OES). Pada penelitian ini, banyak sekali unsur yang tercatat dalam uji logam menggunakan kedua alat yaitu seperti Besi (Fe), Karbon (C), Silika (Si), Mangan (Mn), Kromium (Cr), Nikel (Ni), Molibdenum (Mo), Tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb), Aluminium (Al), Vanadium (V), Tungsten (W), Kalsium (Ca), Sulfur (S), dan Fosfor (P) pada alat OES dan pada unsur hanya terdapat nilai atau puncak – puncak tertinggi dari setiap unsur seperti nilai unsur Nikel (Ni), Besi (Fe), Mangan (Mn), Kromium (Mn), Sulfur (S), Silika (Si), Fosfor (P), Cobalt (Co), Molibdenum (Mo).

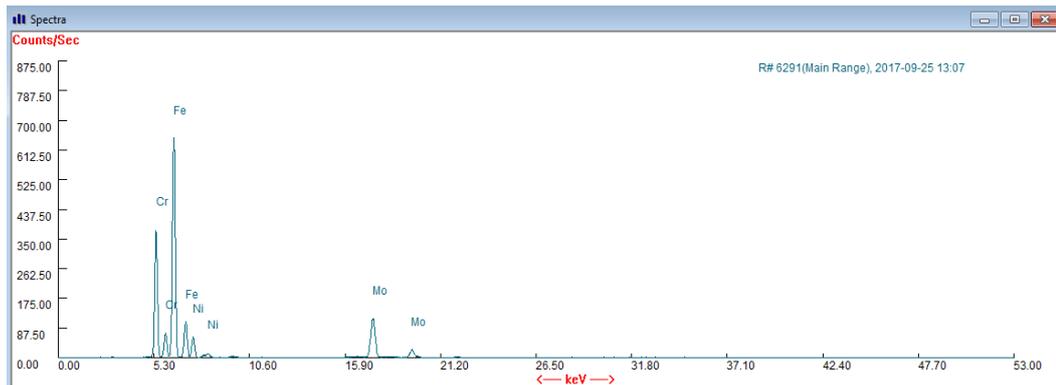
Adapun spektrum dari masing masing jenis logam baja paduan pada uji menggunakan alat *X-Rays Fluoresence* (XRF) adalah

1. Sampel Logam Zeron 100

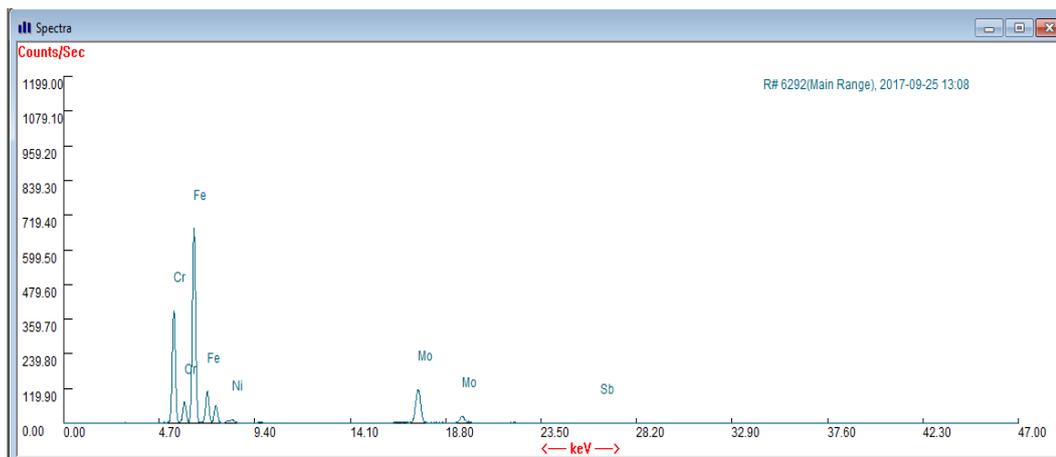
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-1



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-2



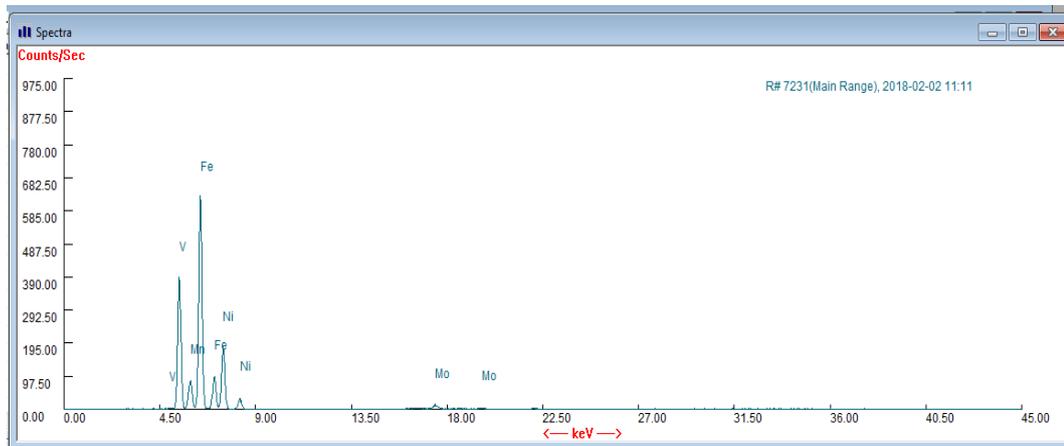
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-3



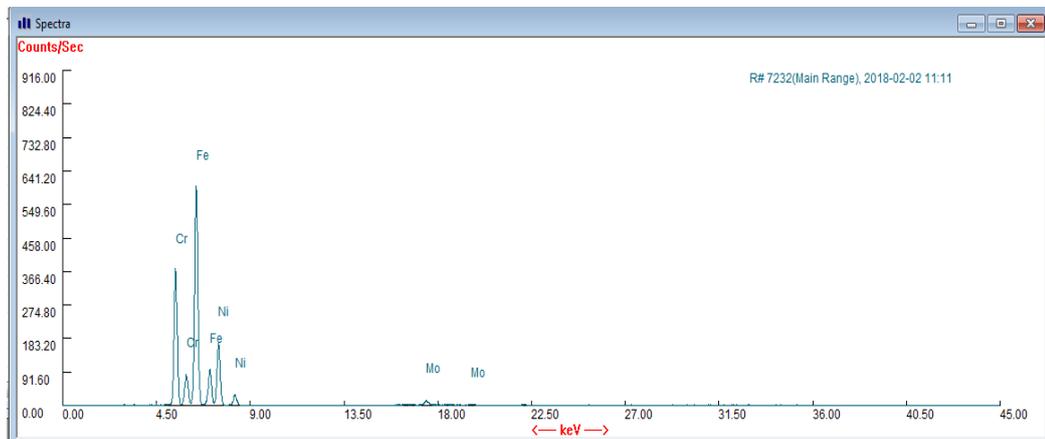
Gambar 15. Hasil Uji dengan XRF Logam Jenis Zeron 100

2. Sampel Logam SS-310

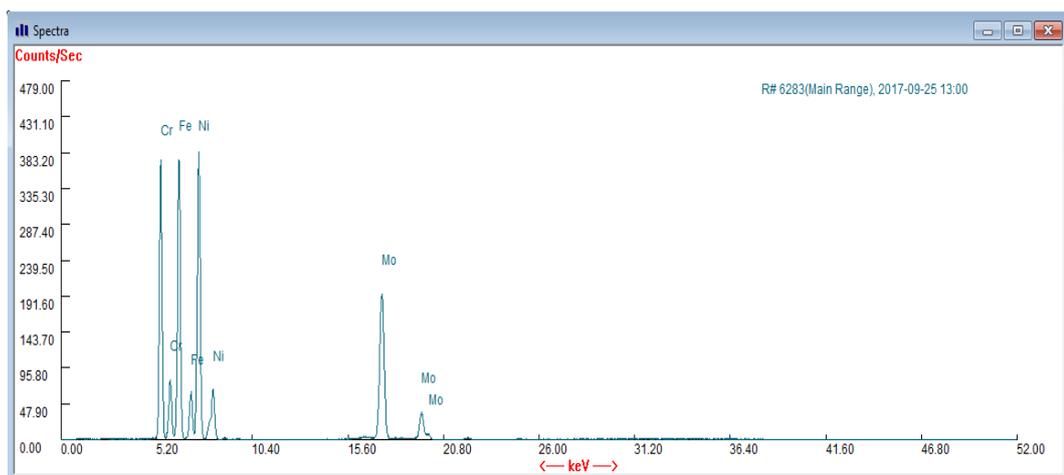
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-1



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-2



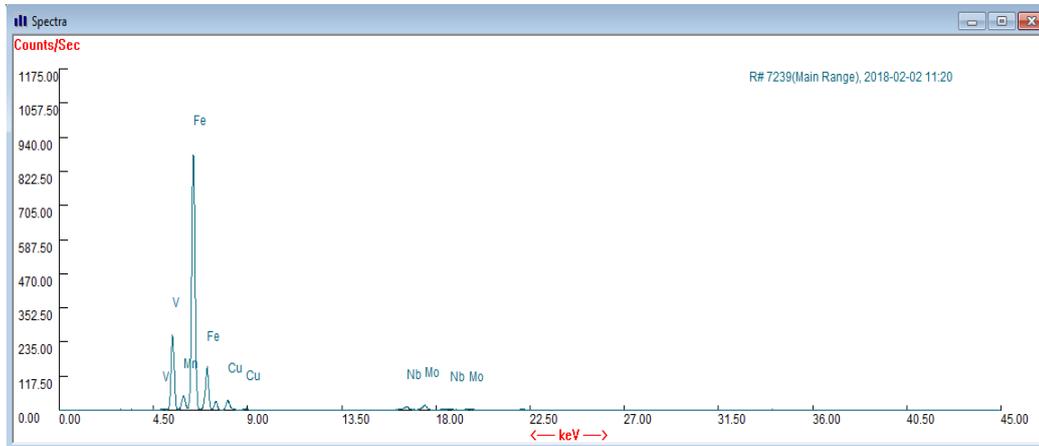
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-3



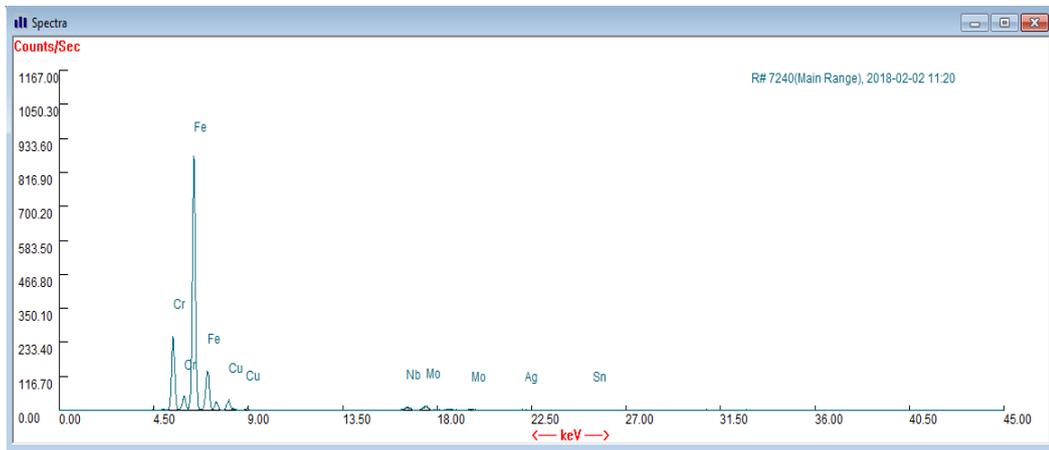
Gambar 16. Hasil Uji dengan XRF Logam Jenis SS-310

3. Sampel Logam 17-4PH

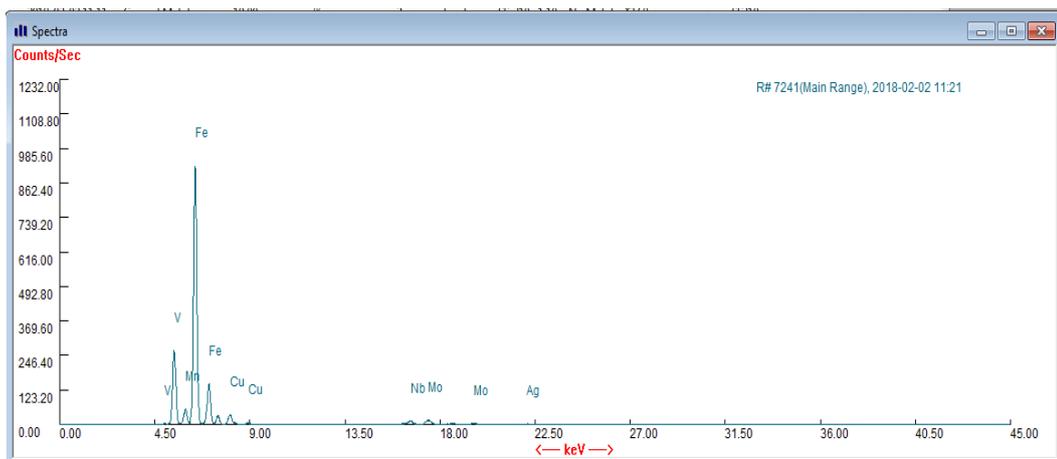
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-1



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-2



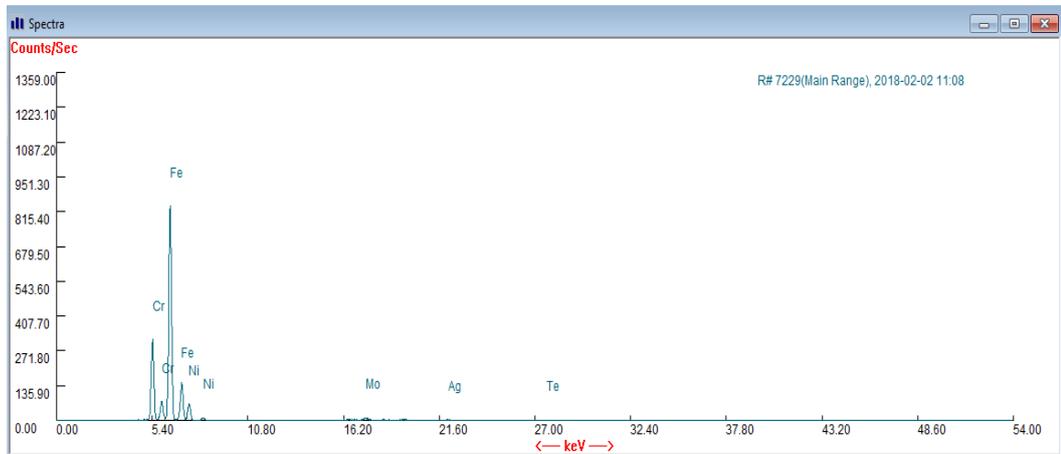
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-3



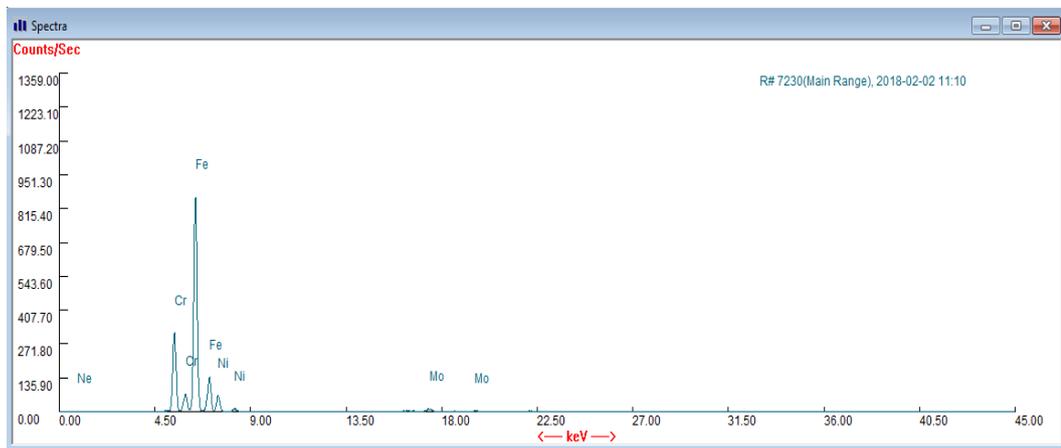
Gambar 17. Hasil Uji dengan XRF Logam Jenis 17-4PH

4. Sampel Logam SS-304

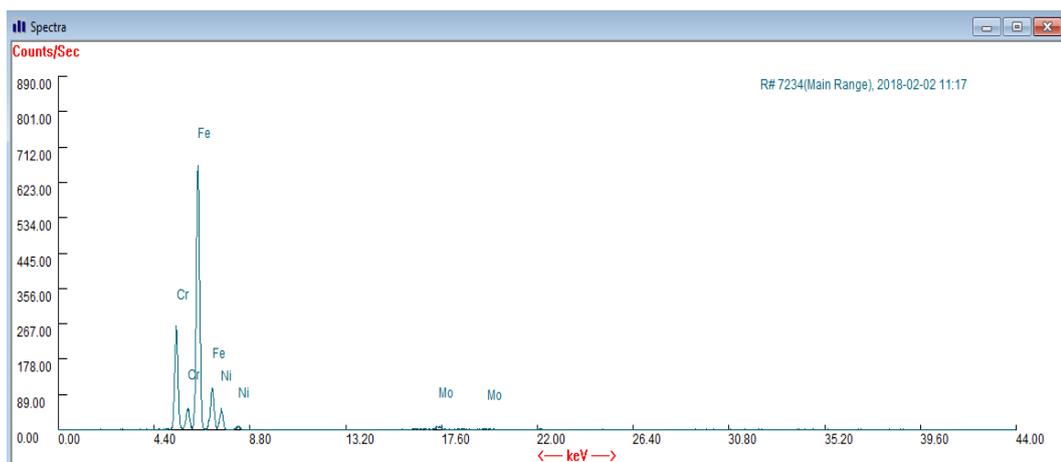
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-1



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-2



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-3



Gambar 18. Hasil Uji dengan XRF Logam SS-304

Adapun unsur – unsur yang terkandung saat pengujian dengan XRF ialah hampir ada semua unsur kecuali karbon. Dikarenakan alat XRF tidak dapat menghitung ke dalam intensitas unsur yang rendah. Adapun macam – macam kandungan yang dapat dideteksi oleh alat (XRF) dengan Aplikasi *Thermo Scientific NDT* dengan besar energi eksitasi yang terpancar dan besar intensitas kandungan unsur :

1. Logam Tipe *Zeron 100*

Tabel 15. Nilai Kandungan Hasil Uji X-Rays Fluoresence (XRF) *Zeron 100*

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata - Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg	1,25	0,95	1,14	0,85	0,98
2.	Al	1,49	1,22	0,85	0,85	0,97
3.	Si	1,74	0,68	0,57	0,56	0,60
4.	S	2,31	1,08	1,00	1,27	1,12
5.	Cl	2,62	0,81	1,00	0,56	0,79
6.	K	3,31	1,68	1,14	1,27	1,36
7.	Ca	3,69	0,95	1,00	1,55	1,67
8.	Ti	4,51	2,84	1,00	1,27	1,70
9.	V	4,95	2,16	1,85	2,12	2,04
10.	Cr	5,42	302,16	309,12	268,55	295,28
11.	Mn	5,90	65,54	58,69	57,40	60,54
12.	Fe	6,40	671,08	590,03	597,74	619,62
13.	Co	9,24	90,68	102,85	92,24	95,26
14.	Ni	7,48	59,86	62,68	51,90	58,15
15.	Cu	8,05	9,32	7,83	7,33	8,16
16.	Zn	8,64	10,00	11,40	5,64	9,01
17.	Nb	16,61	3,24	3,28	4,23	3,58
18.	Mo	17,48	114,32	110,83	109,17	111,44

2. Logam Tipe SS-310

Tabel 16. Nilai Kandungan Hasil Uji X-Rays Fluoroscence (XRF) SS-310

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata - Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg	1,25	0,68	0,68	1,88	1,08
2.	Al	1,49	0,68	1,02	1,01	0,93
3.	Si	1,74	0,68	0,68	0,72	0,69
4.	S	2,31	0,68	1,02	2,02	1,24
5.	Cl	2,62	0,68	0,68	1,01	0,79
6.	K	3,31	0,68	1,71	0,87	1,09
7.	Ca	3,69	1,03	0,68	1,01	0,91
8.	Ti	4,51	0,68	1,02	1,44	1,05
9.	V	4,95	3,77	2,73	2,02	2,84
10.	Cr	5,42	301,37	295,56	290,50	290,47
11.	Mn	5,90	68,15	67,92	79,36	71,81
12.	Fe	6,40	427,20	420,82	261,90	371,97
13.	Co	9,24	94,18	97,95	63,20	85,11
14.	Ni	7,48	168,84	160,41	383,69	237,65
15.	Cu	8,05	22,60	26,62	41,41	30,21
16.	Zn	8,64	5,14	3,42	2,45	3,67
17.	Nb	16,61	3,08	3,07	3,46	3,21
18.	Mo	17,48	10,27	11,26	15,22	12,25

3. Logam Tipe 17-4PH

Tabel 17. Nilai Kandungan Hasil Uji X-Rays Fluoresence (XRF) 17-4PH

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata - Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg	1,25	0,34	1,25	0,69	0,76
2.	Al	1,49	0,34	0,63	0,69	0,55
3.	Si	1,74	0,34	0,63	1,03	0,67
4.	S	2,31	0,68	0,63	0,69	0,67
5.	Cl	2,62	1,03	1,25	1,03	1,10
6.	K	3,31	1,37	1,25	1,03	1,22
7.	Ca	3,69	1,03	0,63	1,03	0,90
8.	Ti	4,51	1,37	0,63	1,03	1,01
9.	V	4,95	3,41	1,88	2,41	2,56
10.	Cr	5,42	207,53	191,88	208,25	202,55
11.	Mn	5,90	43,15	38,13	45,70	42,33
12.	Fe	6,40	612,67	597,50	625,09	611,75
13.	Co	9,24	135,27	131,25	138,49	134,00
14.	Ni	7,48	26,71	18,13	30,24	25,03
15.	Cu	8,05	29,45	31,25	32,65	31,12
16.	Zn	8,64	2,74	1,88	2,06	2,23
17.	Nb	16,61	12,33	8,13	10,31	10,26
18.	Mo	17,48	17,81	13,13	15,46	15,47

4. Logam Tipe SS-304

Tabel 18. Nilai Kandungan Hasil Uji X-Rays Fluoresence (XRF) SS-304

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata - Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg	1,25	1,03	1,66	1,03	1,24
2.	Al	1,49	1,03	0,66	1,03	0,91
3.	Si	1,74	0,68	1,00	0,69	0,79
4.	S	2,31	0,68	0,33	0,69	0,57
5.	Cl	2,62	0,68	0,66	0,69	0,68
6.	K	3,31	1,03	1,33	1,72	1,36
7.	Ca	3,69	1,71	1,33	1,03	1,59
8.	Ti	4,51	1,03	1,33	1,03	1,13
9.	V	4,95	2,05	2,99	2,41	2,48
10.	Cr	5,42	252,40	314,62	257,04	274,69
11.	Mn	5,90	59,59	46,84	56,01	54,15
12.	Fe	6,40	587,67	621,59	604,12	604,46
13.	Co	9,24	125,34	121,59	132,30	126,41
14.	Ni	7,48	58,22	66,45	64,95	63,21
15.	Cu	8,05	9,59	9,63	10,31	9,84
16.	Zn	8,64	1,71	6,31	2,75	2,26
17.	Nb	16,61	2,40	2,31	3,44	2,72
18.	Mo	17,48	10,96	9,97	8,93	9,95

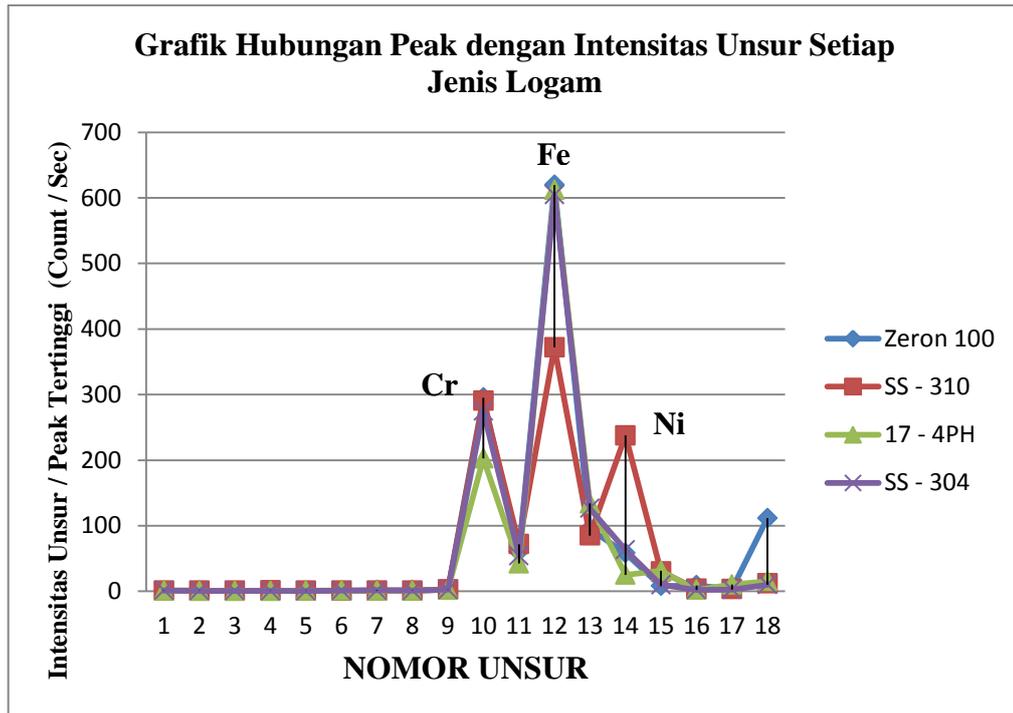
Dari tabel XRF di atas maka unsur – unsur yang terkandung di dalam logam berjumlah 18 dan memiliki nilai energi yang sama di setiap jenis logam yang berbeda, yang membedakan ialah Intensitas kandungan suatu logam.

Adapun grafik perbandingan unsur yang terkandung di setiap jenis logam dengan nilai intensitas yang terpancar. Grafik di bawah ini akan menjelaskan kandungan apakah yang memiliki intensitas tertinggi di setiap jenis logam dan

dapat mengetahui jenis logam mana yang memiliki intensitas tertinggi di setiap unsurnya.

Tabel 19. Hasil Rata – Rata Kandungan Unsur Logam

No	Unsur	PEAK UNSUR	Zeron 100	SS-310	17-4PH	SS-304
1	Mg	1,25	0,98	1,08	0,76	1,24
2	Al	1,49	0,97	0,93	0,55	0,91
3	Si	1,74	0,6	0,69	0,67	0,79
4	S	2,31	1,12	1,24	0,67	0,57
5	Cl	2,62	0,79	0,79	1,1	0,68
6	K	3,31	1,36	1,09	1,22	1,36
7	Ca	3,69	1,67	0,91	0,9	1,59
8	Ti	4,51	1,7	1,05	1,01	1,13
9	V	4,95	2,04	2,84	2,56	2,48
10	Cr	5,42	295,28	290,47	202,55	274,69
11	Mn	5,9	60,54	71,81	42,33	54,15
12	Fe	6,4	619,62	371,97	611,75	604,46
13	Co	9,24	95,26	85,11	134	126,41
14	Ni	7,48	58,15	237,65	25,03	63,21
15	Cu	8,05	8,16	30,21	31,12	9,84
16	Zn	8,64	9,01	3,67	2,23	2,26
17	Nb	16,61	3,58	3,21	10,26	2,72
18	Mo	17,48	111,44	12,25	15,47	9,95



Gambar 19. Grafik Hasil Perbandingan Unsur Setiap Logam Jenis

Dari grafik di atas dapat digambarkan unsur ke 12 yaitu Besi, memiliki kandungan tertinggi. Hal ini dapat dilihat dari intensitas dari unsur Besi sendiri dan unsur paling tertinggi Besi dimiliki oleh logam jenis *Zeron 100* yang ditunjukkan dengan warna biru. Unsur yang paling berpengaruh selanjutnya ialah unsur nomor ke 10 yaitu Kromium. Kromium tertinggi dimiliki oleh logam jenis *Zeron 100*.

Jadi komposisi unsur tertinggi pembentuk suatu jenis logam dengan jenis apapun ialah Besi dan Kromium. Hal ini dapat dilihat dari grafik komposisi unsur di atas. Kemudian ada nikel dan unsur yang lain. Sedangkan untuk unsur Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Zn, dan Nb memiliki intensitas yang sangat rendah dan dapat dikatakan sebagai unsur pelengkap suatu logam karena tidak berpengaruh banyak pada kandungan suatu logam.

B. Hubungan Intensitas dengan Komposisi Unsur Logam

Penelitian ini merupakan pengujian Logam Baja paduan dengan menggunakan alat XRF dan OES. Adapun dari pengujian menggunakan alat *X-Rays Fluoresence* didapatkan grafik hubungan antara grafik kandungan unsur – unsur dan besar intensitas atau puncak setiap unsur dan terdapat pula besar persentase kandungan unsur dari pembacaan pada alat XRF *Niton XL-2 Gold*.

Adapun 3 Intensitas tertinggi dimiliki oleh unsur Besi (Fe), Kromium (Cr), dan Nikel (Ni). Ketiga unsur inilah yang nantinya sangat berpengaruh besar pada kandungan suatu logam. Adapun perbedaan intensitas di antara jenis setiap logam merupakan wujud dari karakter setiap jenis logam yang akan dibuat dan dibutuhkan kegunaanya pada sesuatu yang tepat. Misalnya membuat logam yang tahan terhadap korosi. Adapun unsur – unsur yang berpengaruh kepada ketahanan korosi ialah unsur Kromium dan Nikel (*Cr-Ni*). Untuk Besi merupakan unsur utama pembuatan suatu logam dan untuk Kromium dan Nikel merupakan pembawa sifat atau karakter yang nantinya dapat diaplikasikan pada setiap jenis logam, hal ini terlihat dari intensitas unsur setiap jenis logam yang berbeda – beda.

Penelitian ini membandingkan intensitas yang terkandung pada jenis logam dengan persentase kandungan logam yang telah ada pada pembacaan alat.

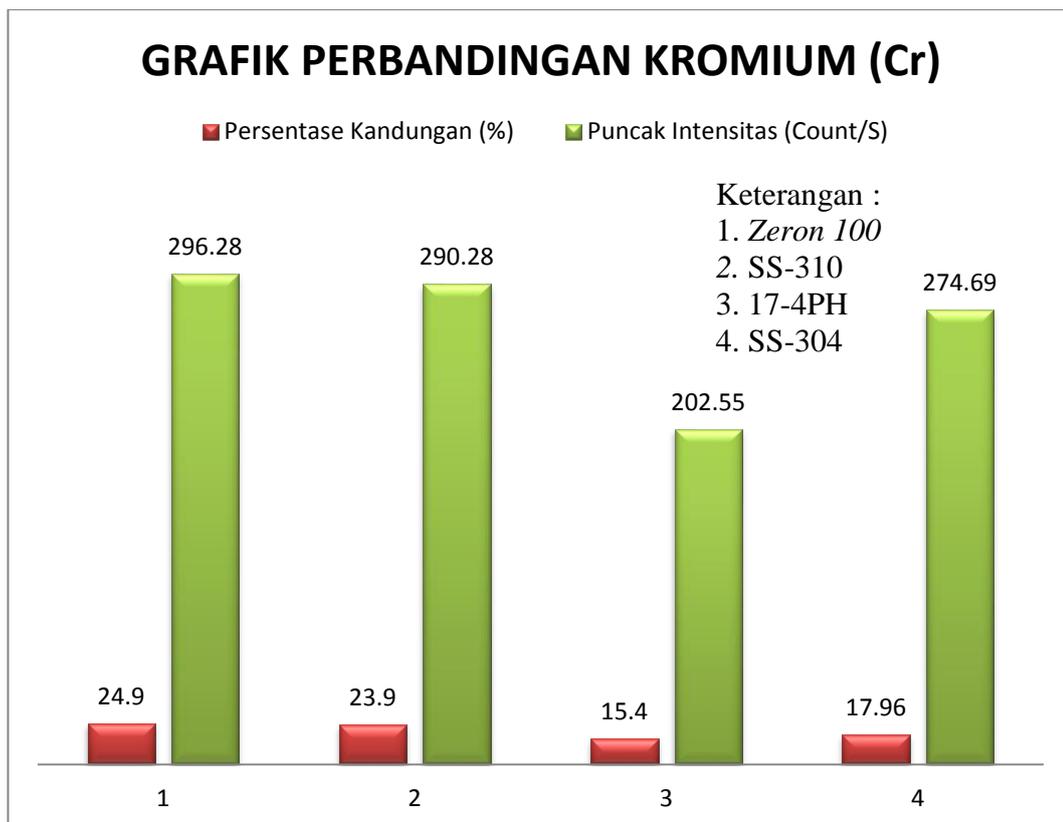
Dari keempat jenis logam diatas, maka untuk mengetahui jenis logam yang lebih tahan terhadap korosi ialah kandungan Kromium (Cr) dan Nikel (Ni). Untuk itu data di bawah ini akan menunjukkan nilai *Cr-Ni* dari keempat jenis logam tersebut.

Tabel 20. Tabel Hasil Uji dengan XRF Diketahui Persentase Kandungan Unsur

Elemen	Komposisi Kandungan Unsur (%)				Peak (KeV)
	Zeron 100	SS - 310	17-4PH	SS-304	
Cr	24,9	23,90	15,4	17,96	5,42
Ni	6,8	19,33	4,1	7,71	7,28

Tabel 21. Tabel Hasil Uji dengan XRF Diketahui Intensitas Kandungan

Elemen	Intensitas (Count / Sec)				Peak (KeV)
	Zeron 100	SS - 310	17-4PH	SS-304	
Cr	295,28	290,47	202,55	274,69	5,42
Ni	58,15	237,65	25,03	63,21	7,28

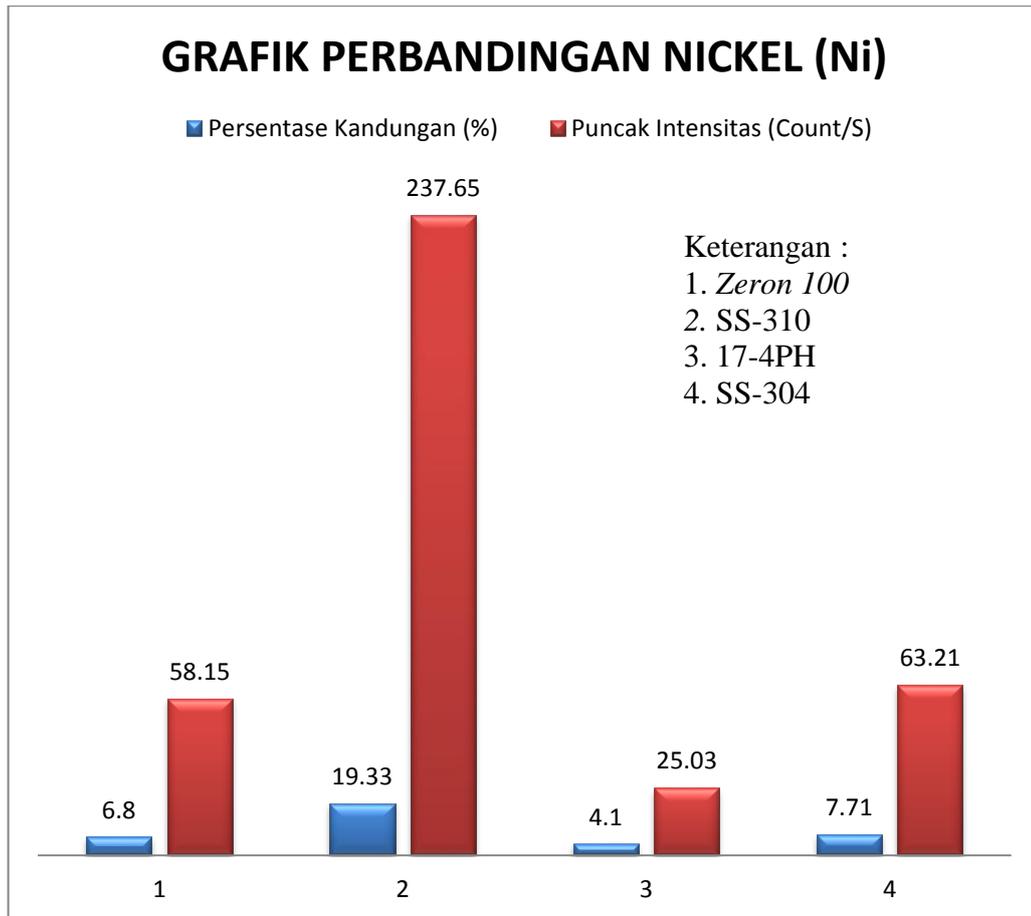


Gambar 20. Grafik Uji XRF Kandungan Kromium (Cr)

Gambar 29 menunjukkan bahwa hasil uji kromium (Cr) didapatkan jenis *Zeron 100* kandungan kromiumnya lebih besar dibandingkan dengan jenis logam SS-310, 17-4PH, dan SS-304. Hal ini dapat terlihat dari besar persentase kandungan dan nilai puncak intensitas yang dibaca pada alat uji XRF. Untuk *Zeron 100* didapatkan kandungan sebesar 24,9 Persen untuk Kromium. Untuk itu jenis *Zeron 100* memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik. Karakter dari Kromium sendiri adalah salah satu unsur yang berpengaruh terhadap ketahanan

korosi suatu logam. Tetapi beberapa logam tidak hanya berpatokan kepada kandungan unsur Kromium untuk mengetahui ketahanan korosi karena ada unsur lain yang memiliki sifat yang hampir sama dengan Kromium yaitu Nikel.

Nikel sendiri merupakan bahan tambahan untuk ketahanan korosi, bukan unsur utama yang dapat diamati dalam ketahanan korosi. Untuk itu gambar 30 menampilkan grafik hasil uji nikel.



Gambar 21. Grafik Uji XRF Kandungan Nikel (Ni)

Dari grafik di atas untuk kandungan unsur nikel yang lebih baik yaitu jenis logam SS-310. Dalam SS-310 persentasenya lebih besar dibandingkan Zeron 100, SS-304, dan 17-4PH. Untuk unsur nikel ia digunakan sebagai bahan tambahan ataupun campuran pada jenis logam yang tahan terhadap korosi tetapi memiliki sifat atau karakteristik yang sama dengan Kromium.

C. Karakterisasi Setiap Logam Baja *Stainless Steel* Penelitian

Hasil yang diperoleh dari pengujian menggunakan *Niton XL2 GOLDD* dengan prinsip *X-Ray Fluorescence (XRF)* yaitu berupa konsentrasi unsur yang terdapat pada logam yang diuji. Kandungan unsur ini berdasarkan pada jumlah pancaran sinar-X berenergi tinggi yang mengenai permukaan benda uji lalu dipancarkan kembali. Dapat dilihat spektra *X-Ray K α* yaitu transisi elektron dari kulit L ke kulit K dan *X-Ray K β* dihasilkan dari transisi elektron dari kulit M menuju kulit K, dll.

(ASTM A240 - *Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications*) merupakan standar yang digunakan sebagai acuan atau batas dari suatu komposisi yang dibutuhkan oleh suatu industri.

Untuk logam *Zeron 100* dengan nomer UNS yaitu *The Unified Numbering System* yang biasanya terdapat dalam ASTM. Untuk *Zeron 100* memiliki nomer UNS32760.

UNS Designation ^A	Type ^C	Carbon ^D	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Molybdenum	Nitrogen	Copper	Other Elements ^{E,F}
Duplex (Austenitic-Ferritic)												
S31200	...	0.030	2.00	0.045	0.030	1.00	24.0-26.0	5.5-6.5	1.20-2.00	0.14-0.20	...	...
S31260	...	0.03	1.00	0.030	0.030	0.75	24.0-26.0	5.5-7.5	2.5-3.5	0.10-0.30	0.20-0.80	W 0.10-0.50
S31803	...	0.030	2.00	0.030	0.020	1.00	21.0-23.0	4.5-6.5	2.5-3.5	0.08-0.20	...	...
S32001	...	0.030	4.0-6.0	0.040	0.030	1.00	19.5-21.5	1.00-3.00	0.60	0.05-0.17	1.00	...
S32003	...	0.030	2.00	0.030	0.020	1.00	19.5-22.5	3.0-4.0	1.50-2.00	0.14-0.20	...	...
S32101	...	0.040	4.0-6.0	0.040	0.030	1.00	21.0-22.0	1.35-1.70	0.10-0.80	0.20-0.25	0.10-0.80	...
S32205	2205 ^G	0.030	2.00	0.030	0.020	1.00	22.0-23.0	4.5-6.5	3.0-3.5	0.14-0.20	...	...
S32304	2304 ^G	0.030	2.50	0.040	0.030	1.00	21.5-24.5	3.0-5.5	0.05-0.60	0.05-0.20	0.05-0.60	...
S32506	...	0.030	1.00	0.040	0.015	0.90	24.0-26.0	5.5-7.2	3.0-3.5	0.08-0.20	...	W 0.05-0.30
S32520	...	0.030	1.50	0.035	0.020	0.80	24.0-26.0	5.5-8.0	3.0-4.0	0.20-0.35	0.50-2.00	...
S32550	255 ^G	0.04	1.50	0.040	0.030	1.00	24.0-27.0	4.5-6.5	2.9-3.9	0.10-0.25	1.50-2.50	...
S32750	2507 ^G	0.030	1.20	0.035	0.020	0.80	24.0-26.0	6.0-8.0	3.0-5.0	0.24-0.32	0.50	...
S32760 ^H	...	0.030	1.00	0.030	0.010	1.00	24.0-26.0	6.0-8.0	3.0-4.0	0.20-0.30	0.50-1.00	W 0.50-1.00
S32900	329	0.08	1.00	0.040	0.030	0.75	23.0-28.0	2.0-5.00	1.00-2.00	...	...	...
S32906	...	0.030	0.80-1.50	0.030	0.030	0.50	28.0-30.0	5.8-7.5	1.50-2.60	0.30-0.40	0.80	...
S32950	...	0.030	2.00	0.035	0.010	0.60	26.0-29.0	3.5-5.2	1.00-2.50	0.15-0.35	...	...
S3274†	...	0.030	1.00	0.030	0.020	0.80	24.0-26.0	6.0-8.0	2.5-3.5	0.24-0.32	0.20-0.80	W 1.50-2.50

Gambar 22. Nomer UNS *Zeron 100* dalam ASTM

(Sumber : ASTM A240)

Dengan kandungan standart kromium sebesar 24 – 26 % dan nikel 6 – 8 %. Pada hasil uji XRF didapatkan hasil kandungan kromium sebesar 24,9 % dan kandungan nikel sebesar 4,1 %. Pada pengujian OES didapatkan kandungan kromium sebesar 25,23 % dan nikel sebesar 5,1 %. Pada pengujian OES didapatkan data yang masih masuk kedalam rentang ASTM. Logam jenis ini termasuk kedalam jenis *Super Duplex Steel* yang memiliki komposisi unsur paling bagus dan tahan terhadap korosi dikarenakan memiliki nilai kandungan kromium yang tinggi dan termasuk kedalam kategori *Super Duplex Steel*. Biasanya *Zeronn 100* banyak digunakan pada pompa minyak dan tangki tangki asam karena sifatnya yang baik untuk ketahanan korosi.

Logam dengan tipe SS-310 masuk dalam kelompok *stainless steel austenitic*. Memeiliki nomer UNS31008. Kelompok logam *austenitic* memiliki kandungan krom pada kisaran 17% - 25% dan nikel pada kisaran 8% - 20% dan beberapa unsur atau elemen tambahan dalam upaya mencapai sifat yang diinginkan dan termasuk dalam non magnetic. Berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur serta korosi. Austenitic cocok juga untuk aplikasi temperature rendah disebabkan unsur Nikel membuat SS tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah.

S3075	...	0.10-0.24	2.00	0.030	0.030	3.2-4.0	11.0-19.0	13.0-16.0	...	...	...	Al 0.00-1.50
S30815	...	0.05-0.10	0.80	0.040	0.030	1.40-2.00	20.0-22.0	10.0-12.0	...	0.14-0.20	...	Ca 0.03-0.08
S30908	309S	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0-24.0	12.0-15.0	...	...	...	...
S30909	309H ^G	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0-24.0	12.0-15.0	...	...	...	...
S30940	309Cb ^G	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0-24.0	12.0-16.0	...	...	...	Co 10xC min, 1.10 max
S30941	309Cb ^G	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0-24.0	12.0-16.0	...	...	...	Co 10xC min, 1.10 max
S31008	310S	0.08	2.00	0.045	0.030	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	...	...	...	...
S31009	310H ^G	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	24.0-26.0	19.0-22.0	...	...	...	...
S31040	310Cb ^G	0.08	2.00	0.045	0.030	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	...	...	...	Co 10xC min, ...

Gambar 23. Nomer UNS SS-310 dalam ASTM

(Sumber : ASTM A240)

Pada pengujian dengan menggunakan alat XRF didapatkan kandungan Nikel sebesar 19,33 % dan Kromium sebesar 23,90 % sedangkan pengujian menggunakan OES didapatkan kandungan nikel sebesar 6,703 % dan Kromium sebesar 19,39 %.

Logam dengan tipe 17-4PH masuk dalam memiliki nomer UNS yaitu UNS17400 dengan kandungan standart kromium sebesar 15 – 17,5 % dan nikel 3 – 5 %. Pada hasil uji XRF didapatkan hasil kandungan kromium sebesar 15,4 % dan kandungan nikel sebesar 4,1 %. Pada pengujian OES didapatkan kandungan kromium sebesar 15,48 % dan nikel sebesar 3,46 %. Pada pengujian OES didapatkan data yang masih masuk kedalam rentang ASTM. Logam jenis ini termasuk kedalam jenis *Preprecipitation-hardening steel* yang memiliki komposisi unsur 17 % kromium dan 4 % nikel. 17-4PH Stainless Steel (SS) adalah presipitasi pengerasan martensit stainless steel. Penggunaan tipikal terlihat pada aplikasi yang membutuhkan kekuatan tinggi dan tingkat ketahanan korosi yang sederhana. Kekuatan dan ketangguhan yang diinginkan dapat dimanipulasi dengan rentang sedang dalam proses perlakuan panas. 17-4 PH stainless steel dapat digunakan untuk berbagai industires termasuk: poros pompa, jalur minyak, sil mekanik, dan dalam industri kedirgantaraan.

		Composition, %											
UNS Designation ^a	Type	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Aluminum	Molybdenum	Titanium	Copper	Other Elements
S17400	630	0.07	1.00	0.040	0.030	1.00	15.00–17.50	3.00–5.00	...	...	...	3.00–5.00	C
S17700	631	0.09	1.00	0.040	0.030	1.00	16.00–18.00	6.50–7.75	0.75–1.50	...	...	...	...
S15700	632	0.09	1.00	0.040	0.030	1.00	14.00–16.00	6.50–7.75	0.75–1.50	2.00–3.00	...	...	...
S35500	634	0.10–0.15	0.50–1.25	0.040	0.030	0.50	15.00–16.00	4.00–5.00	...	2.50–3.25	...	...	D
S17600	635	0.08	1.00	0.040	0.030	1.00	16.00–17.50	6.00–7.50	0.40	...	0.40–1.20	...	...
S15500	XM-12	0.07	1.00	0.040	0.030	1.00	14.00–15.50	3.50–5.50	...	...	...	2.50–4.50	C
S13800	XM-13	0.05	0.20	0.010	0.008	0.10	12.25–13.25	7.50–8.50	0.90–1.35	2.00–2.50	...	...	E
S45500	XM-16	0.03	0.50	0.015	0.015	0.50	11.00–12.50	7.50–9.50	...	0.50	0.90–1.40	1.50–2.50	F
S45503	...	0.010	0.50	0.010	0.010	0.20	11.00–12.50	7.50–9.50	...	0.50	1.00–1.35	1.50–2.50	F
S45000	XM-25	0.05	1.00	0.030	0.030	1.00	14.00–16.00	5.00–7.00	...	0.50–1.00	...	1.25–1.75	G
S46500	...	0.02	0.25	0.015	0.010	0.25	11.00–12.50	10.75–11.25	...	0.75–1.25	1.50–1.80	...	E
S46910	...	0.030	1.00	0.030	0.015	0.70	11.0–13.0	8.0–10.0	0.15–0.50	3.0–5.0	0.50–1.20	1.5–3.5	...

Gambar 24. Nomer 17-4PH dalam ASTM

(Sumber : ASTM A564)

Material dengan bahan uji logam SS 304 menurut spesifikasinya mempunyai kadar nikel (Fe) yang lebih rendah dibanding SS-310 yaitu 8 – 10 % dan krom (Cr) sebesar 18 – 20 %. Hasil yang didapat dari pengujian material logam SS 304 menggunakan *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Ray Fluorescence(XRF)* hasil uji unsur nikel (Ni) sebesar 7,71 %, krom (Cr) sebesar 17,96 %, Mo sebesar 0,06 %, Mn sebesar 1,32% dan Cu sebesar 0,04%. Dari hasil tersebut diketahui bahwa besi mempunyai konsentrasi lebih besar daripada krom yaitu 70,11 %. Unsur-unsur yang terbaca pada *Niton XL2 GOLDD* yang berbasis *X-Ray Fluorescence(XRF)* sudah sesuai dengan standart atau spesifikasinya. Ciri dari logam SS 304 ini terdapat kandungan karbon (C) yang sangat rendah, unsur Cu dan Mo yang rendah sebagai tambahan yang nantinya akan memberikan perlawanan pada kondisi sulfat dan fosfat yang dapat menyebabkan terjadinya korosi. Tetapi dengan kadar besi yang tinggi maka spesimen ini lebih cepat terjadi korosi. Logam SS 304 adalah non magnetik dalam segala kondisi. Material uji di atas merupakan baja *Stainless Steel*.. Sifat tahan korosi diperoleh dari lapisan oksida (terutama krom) yang sangat stabil melekat pada permukaan dan melindungi baja dari lingkungan korosif. Krom merupakan unsur transisi periode ke empat yang umumnya memiliki elektron valensi pada sub kulit 3d yang belum terisi penuh, yang menyebabkan memiliki sifat magnetik, warna ion, katalik, serta membentuk senyawa kompleks, dan tidak mudah tereduksi. Lapisan krom mencegah kontak langsung logam dengan oksigen dan air. Disamping itu krom teroksidasi membentuk lapisan oksida Cr_2O_3 yang sangat kuat sehingga dapat melindungi logam yang ada dibawahnya. Selain krom, Lapisan oksida nikel juga digunakan sebagai pelindung permukaan baja.

UNS Designation ^B	Type ^C	Carbon ^D	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Molybdenum	Nitrogen	Copper	Other Elements ^{E,F}
Austenitic (Chromium-Nickel) (Chromium-Manganese-Nickel)												
N08020	...	0.07	2.00	0.045	0.035	1.00	19.0-21.0	32.0-38.0	2.00-3.00	...	3.0-4.0	Cb 8×C min, 1.00 max
N08367	...	0.030	2.00	0.040	0.030	1.00	20.0-22.0	23.5-25.5	6.0-7.0	0.18-0.25	0.75	...
N08800	800 ^G	0.10	1.50	0.045	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	Fe ^H 39.5 min Al 0.15-0.60 Ti 0.15-0.60
N08810	800H ^G	0.05-0.10	1.50	0.045	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	Fe ^H 39.5 min Al 0.15-0.60 Ti 0.15-0.60
N08811	...	0.06-0.10	1.50	0.040	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	Fe ^H 39.5 min Ti 0.15-0.60 Al 0.15-0.60
N08904	904 ^G	0.020	2.00	0.045	0.035	1.00	19.0-23.0	23.0-28.0	4.0-5.0	0.10	1.0-2.0	...
N08926	...	0.020	2.00	0.030	0.010	0.50	19.0-21.0	24.0-26.0	6.0-7.0	0.15-0.25	0.5-1.5	...
S20100	201	0.15	5.5-7.5	0.060	0.030	1.00	16.0-18.0	3.5-5.5	...	0.25	...	...
S20103	...	0.03	5.5-7.5	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	3.5-5.5	...	0.25	...	...
S20153	...	0.03	6.4-7.5	0.045	0.015	0.75	16.0-17.5	4.0-5.0	...	0.10-0.25	1.00	...
S20161	...	0.15	4.0-6.0	0.040	0.040	3.0-4.0	15.0-18.0	4.0-6.0	...	0.08-0.20	...	...
S20200	202	0.15	7.5-10.0	0.060	0.030	1.00	17.0-19.0	4.0-6.0	...	0.25	...	...
S20400	...	0.030	7.0-9.0	0.040	0.030	1.00	15.0-17.0	1.50-3.00	...	0.15-0.30	...	...
S20910	XM-19 ^J	0.06	4.0-6.0	0.040	0.030	0.75	20.5-23.5	11.5-13.5	1.50-3.00	0.20-0.40	...	Cb 0.10-0.30 V 0.10-0.30
S21400	XM-31 ^J	0.12	14.0-16.0	0.045	0.030	0.30-1.00	17.0-18.5	1.00	...	0.35 min	...	...
S21600	XM-17 ^J	0.08	7.5-9.0	0.045	0.030	0.75	17.5-22.0	5.0-7.0	2.00-3.00	0.25-0.50	...	...
S21603	XM-18 ^J	0.03	7.5-9.0	0.045	0.030	0.75	17.5-22.0	5.0-7.0	2.00-3.00	0.25-0.50	...	...
S21800	...	0.10	7.0-9.0	0.060	0.030	3.5-4.5	16.0-18.0	8.0-9.0	...	0.08-0.18	...	...
S24000	XM-29 ^J	0.08	11.5-14.5	0.060	0.030	0.75	17.0-19.0	2.3-3.7	...	0.20-0.40	...	...
S30100	301	0.15	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.10	...	...
S30103	301L ^G	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.20	...	...
S30153	301LN ^G	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.07-0.20	...	...
S30200	302	0.15	2.00	0.045	0.030	0.75	17.0-19.0	8.0-10.0	...	0.10	...	...
S30400	304	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-10.5	...	0.10	...	...
S30403	304L	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-12.0	...	0.10	...	...
S30400	304H	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-10.5	...	0.10	...	...

Gambar 25. Nomer SS-304 dalam ASTM

(Sumber : ASTM A240)

Jadi setiap jenis logam memiliki karakteristik masing – masing ditinjau dari kandungan unsur yang ada dalam logam tersebut. Setiap unsur juga memiliki sifat tersendiri yang dapat memberikan suatu ciri khas pada jenis logam tertentu. Contohnya saja Kromium dan Nikel. 2 unsur tersebut sama – sama memiliki sifat pada ketahanan korosi sehingga jenis logam yang memiliki unsur tersebut dapat memiliki nilai ketahanan terhadap korosi. Untuk seberapa kuat jenis logam tersebut tahan terhadap korosi maka ditentukan dari besar intensitas yang dikandungnya. Setiap jenis logam juga memiliki nomer UNS tersendiri yang mana telah diatur dalam ASTM.

D. Perbandingan Hasil Uji Alat XRF dengan OES

Dari hasil grafik XRF dan nilai rata rata kandungan OES, maka hasil uji yang dilakukan dengan XRF dan OES hampir mendekati mirip hal ini dapat terlihat pada tabel d bawah ini.

Tabel 22. Perbedaan Kandungan Unsur Jenis SS-310

NO.	KANDUNGAN UNSUR	HASIL XRF	HASIL OES
1	Besi (Fe)	53,70 %	53,69 %
2	Klorium (Cr)	25,09 %	24,44 %
3	Nikel (Ni)	,33 %	20,07 %
4	Molibdenum (Mo)	0,11 %	0,15 %
5	Mangan (Mn)	1,51 %	1,60 %
6	Silika (Si)	1,07 %	0,63 %

Tabel 23. Perbedaan Kandungan Unsur Jenis SS-304

NO.	KANDUNGAN UNSUR	HASIL XRF	HASIL OES
1	Besi (Fe)	70,10 %	70,46 %
2	Klorium (Cr)	17,96 %	18,86 %
3	Nikel (Ni)	7,71 %	7,06 %
4	Molibdenum (Mo)	0,06 %	0,01 %
5	Mangan (Mn)	1,32 %	1,37 %
6	Silika (Si)	0,16 %	0,39 %

Tabel 24. Perbedaan Kandungan Unsur Jenis 17-4PH

NO.	KANDUNGAN UNSUR	HASIL XRF	HASIL OES
1	Besi (Fe)	75,5 %	74,6 %
2	Klorium (Cr)	15,4 %	15,48 %
3	Nikel (Ni)	4,1 %	3,46 %
4	Molibdenum (Mo)	0,3 %	0,4 %
5	Mangan (Mn)	0,6 %	0,41 %
6	Silika (Si)	0,58%	0,56 %

Tabel 25. Perbedaan Kandungan Unsur Jenis Zeron 100

NO.	KANDUNGAN UNSUR	HASIL XRF	HASIL OES
1	Besi (Fe)	80,5 %	79,6 %
2	Klorium (Cr)	15,4 %	15,48 %
3	Nikel (Ni)	6,8 %	6,4 %
4	Molibdenum (Mo)	0,3 %	0,4 %
5	Mangan (Mn)	0,6 %	0,41 %
6	Silika (Si)	0,67%	0,61 %

Untuk hasil dari perbedaan pengujian menggunakan Xrf dan Oes tidaklah jauh berbeda. OES sendiri telah menyimpan *database* dari pengujian dengan menggunakan XRF. Hal ini yang memungkinkan nilai dari pengujian tidaklah jauh berbeda. Mungkin perbedaanya terletak pada pembacaan nilai unsur. Jika OES, lata ini dapat membaca intensitas hingga tingkatan paling rendah yaitu Karbon (C), tetapi alat ini sangatlah susah untuk dibawa karena desain modelnya yang terlalu besar sehingga tidak memungkinkan melakukan pengujian di lapangan.

OES hanyalah sebagai pembanding ataupun tolak ukur dari uji menggunakan XRF atau terkadang digunakan untuk kalibrasi logam sebelum di uji menggunakan XRF.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Terdapat berbagai unsur diantaranya Ni, Fe, Mn, Cr, S, Si, P, Co, Mo. Jadi komposisi unsur tertinggi pembentuk suatu jenis logam dengan jenis apapun ialah Besi, Kromium, dan nikel.
2. Bahwa hasil uji Kromium (Cr) dengan *Peak* 5,42 KeV dan Nikel dengan *Peak* 7,28 KeV, Jenis *Zeron 100* memiliki kandungan Kromium sebesar 23,90 % dan Nikel 6,80 %, Jenis SS-310 memiliki kandungan Kromium sebesar 24,90 % dan Nikel 19,33 %, Jenis 17-4PH memiliki kandungan Kromium sebesar 15,4 % dan Nikel 4,1 %, Jenis SS-304 memiliki kandungan Kromium sebesar 17,96 % dan Nikel 7,71 %.
3. Jadi setiap jenis logam memiliki karakteristik masing – masing ditinjau dari kandungan unsur yang ada dalam logam tersebut. Jenis *Zeron 100* termasuk kedalam kategori *Super Duplex Steel*, Jenis 17-4PH termasuk kedalam kategori *Preprecipitation-Hardening Steel*, Jenis SS-310 termasuk kedalam kategori *Austenitic Steel*, dan Jenis SS-304 termasuk kedalam kategori *Austenitic Steel*.
4. Untuk hasil dari perbedaan pengujian menggunakan XRF dan OES tidaklah jauh berbeda. Mungkin perbedaanya terletak pada pembacaan nilai unsur. Jika OES, alat ini dapat membaca intensitas hingga tingkatan paling rendah yaitu Karbon (C).

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, adapun saran untuk melakukan karakterisasi logam menggunakan XRF adalah

1. Pengujian dilakukan kurang lebih dari sekali agar hasil pengujian *valid*.
2. Permukaan material uji harus benar – benar bebas dari yang memungkinkan dapat mempengaruhi hasil pengujian seperti kotoran, grease, scale, welding flux, welding spatter, paint, oil.
3. Jika masih ragu terhadap hasil pemeriksaan perlu dilakukan pengujian metode lain untuk memastikan material bebas dari inklusi sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan penerapan pada aplikasi lainnya dan dengan jenis logam yang berbeda sehingga dapat menjadi tolak ukur penelitian yang jauh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Chandra L. 1992. *Materials and Process in Manufacturing*. Samarinda: Karya Graha Pustaka.
- Alfonsius, Robert L. 2015. *Pencapaian dan Strategi Indonesia Menuju Tahun Emas*. Jakarta: Kompas Media.
- Amstedd, Robert C. 1993. *Introducing to Basic Manufacturing Processes and Workshop Technology*. London: New Age International.
- Angela, Catherina S. 2005. *X-Rays Fluorescence For Industry Stainless Steel*. Brisbane: Comper Intenational.
- Angga, Septian. 2001. *Metalurgi Fisik Moderen Rekayasa Material*. Jakarta : Erlangga.
- Angghoro, Puspa. 2005. *Buku Pegangan Kuliah Material Teknik Universitas Udayana, Bali*. Bali : ELBS.
- Ardiansyah, Muhammad. 2013. *Karakteristik Logam Jenis Menggunakan X-Rays Fluorescence Portable*. Bali: Universitas Udayana Press.
- Bambang Koesworo, Mulyo. 1998. *Non – Destructive Test Application*. Palangkaraya: Jasinta Book Press.
- Benny, Setiawan. 2009. *Logam Bahan Terapan pada Industri*. Surabaya : Erlangga.
- Bogaerts and Annemie, R.G. *Argon and Cooper Optical Emission Spectra in a Qrinum Glow Discharge Source: Matematichal Simulations and Comparison with Experiment*. Journal of Analytical Atomic Spectrometry Vol.13
- Dandy, Hasyim C. 2015. *Logam Untuk SMA Jurusan Logam Industri*. Cilegon: Widyadharna PRESS.
- Departemen Pendidikan Nasional Inonesia. 2013. *Logam Untuk SMK*. Surabaya: Yudhistira

- Diah, Syesil Rachmawati. 2016. *X-Rays Fluoresence of Materials Using Non – Destructive Testing Method*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.
- Djaprie, Ahmad. 1995. *Ilmu dan Tekhnologi Bahan Logam, Edisi ke-5*. Jakarta: : Erlangga.
- Fethway, Lucas and Chamberlin. 1991 (Alih Bahasa). 1991. *Science of Metalurgy Instrument*. Moscow: Nauka.
- Fogler ., et. al. 1992. *Pengenalan Pelajaran Logam*. (Alih Bahasa : Soetiyo Partosoedjo). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fontana, Luis and Greene. 1986. *Chemical In Soil Using X-Rays Fluoresence Method*. New York: Jonh Wiley and Sons.
- Gosseau. 2009. *Principles of X-Rays Fluoresence., Vol 1-2*. Moscow: Qrium.
- Inggrit, dkk. *Ilmu Metalurgi Logam Stainless Steel*. Kanisius : Yogyakarta.
- Klirk, Jonh and Othmer. 1965. *Handbook of Metalurgy Science Oxford University*. London : Oxford University.
- Lucky, Wahyu Prihandika. 2009. *Laporan Praktek Kerja Lapangan di PT. Andhika Dharma Pengenalan Jenis – Jenis Logam*. Semarang: Universitas Dipenegoro.
- Malkoc, Henry L. 2007. *Optical Emission Spectroscopy for Research*. Warsawa: Polandia.
- Mastur, Hadi W. 2002. *Karakteristik Logam di Dunia Industri dan Penerapannya*. Jakarta: Grahasindo.
- Oberg, Kevin. 1996. *Stainless Steel Physic*. England: Oxford University.
- Panalytical. 2009. *Definition of X-Rays Fluoresence and Aplication*. Brisbane. Kangooro Book.
- Paula, Jonhson. 2000. *Non-Destructive Testing Method*. Germany: All-Prevent Book.
- Quraisy, Muhammad. 1890. *Stainless Steel Process*. Al-Quds : Qatar.
- Richard, Ericksen. 1964. *Manufacturing Process for Engineering Material, Fourth Edition*. Chicago : Illinois Institute of Technology.
- Sudarmadji. 1986. *Fisika Untuk Kelas XII*. Bandung : Grahasindo.

- Surikno, Maulana. 2008. *Pilar – Pilar Industri Indonesia*. Surabaya : Mulhadi Press.
- Solovyov, Leonid. 2009. *X-Ray Fluorescence Spectrometry*. PANalytical B. V.
- Twyman, T.M. 2005. *Atomic Emission Spectrometry-Principles and Instrumentation*. Elsevier. All Rights Reserved
- Viklund, A. 2008. *Teknik Pemeriksaan Material Menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS*.
- Widyopuspito, Raden J. 1996. *Golongan – Golongan Logam Untuk Teknik Metalurgi*. Yogyakarta : UGM PRESS.

LAMPIRAN

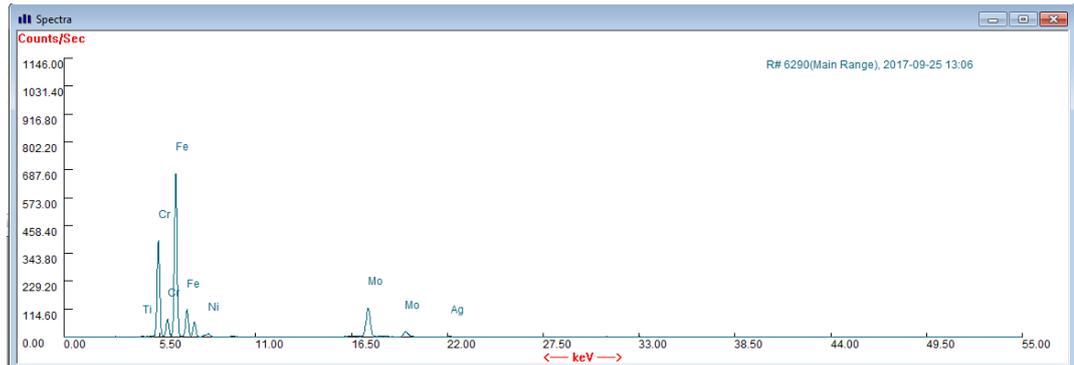
LAMPIRAN 1

SPEKTRUM DAN ANALISIS DATA PADA ALAT

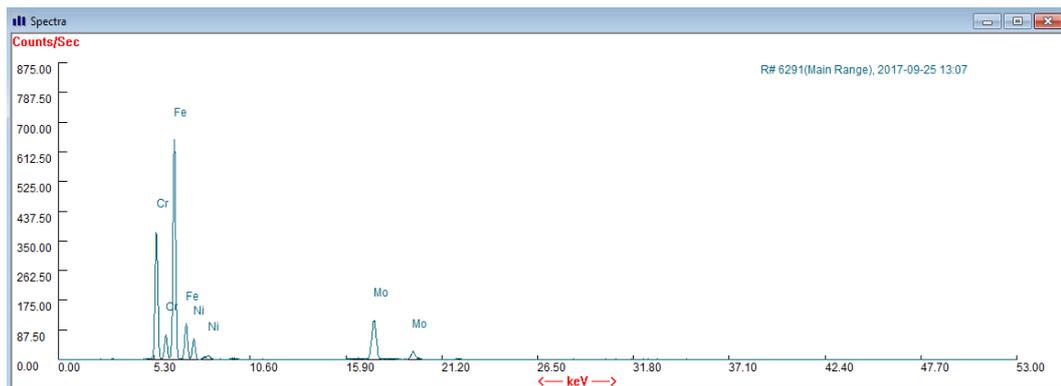
A. SPEKTRUM X-RAYS FLUORESCENCE (XRF)

1. Sampel Logam Zeron 100

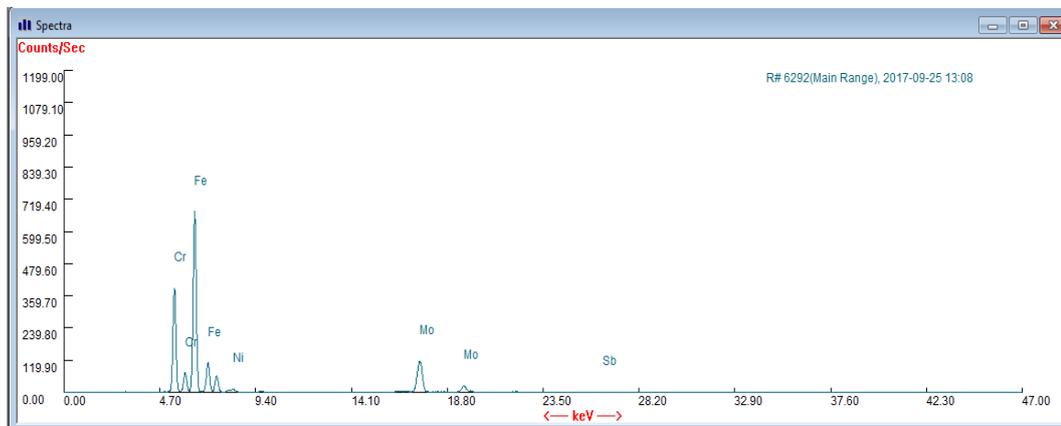
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-1



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-2

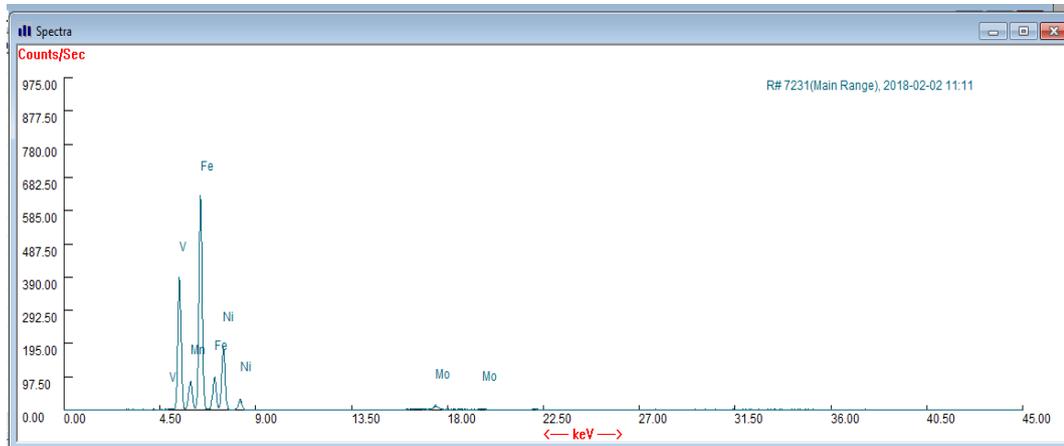


Hasil Spektrum XRF Uji Ke-3

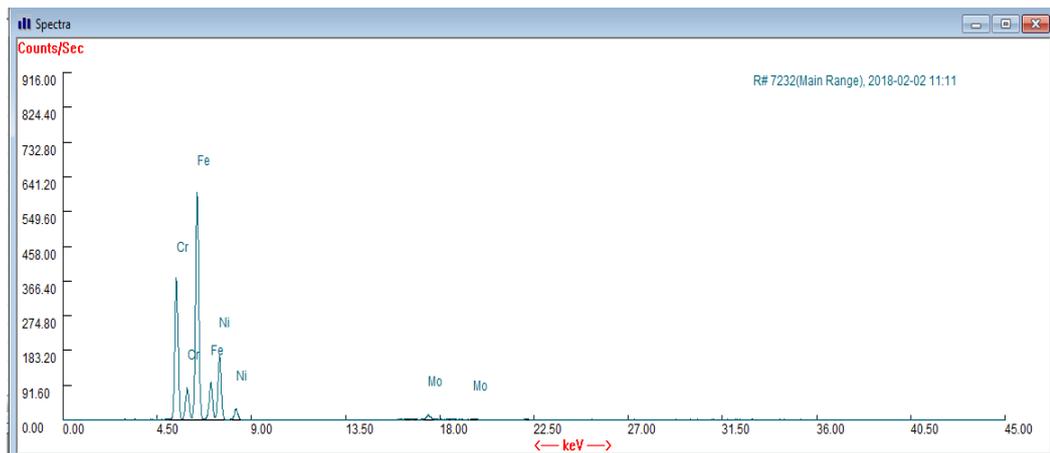


2. Sampel Logam SS-310

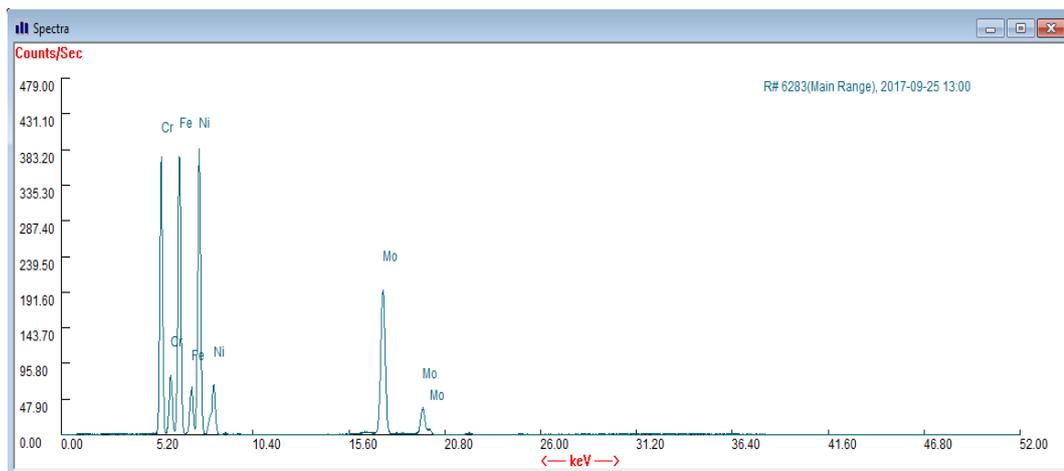
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-1



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-2

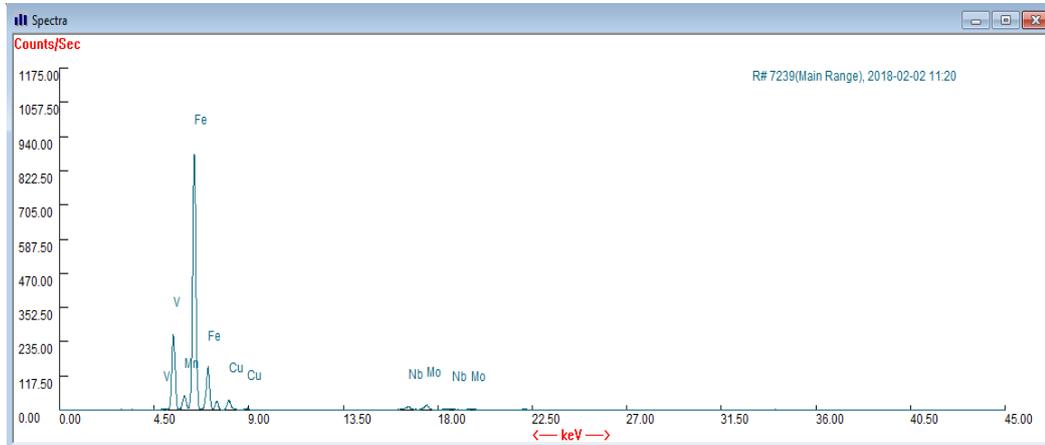


Hasil Spektrum XRF Uji Ke-3

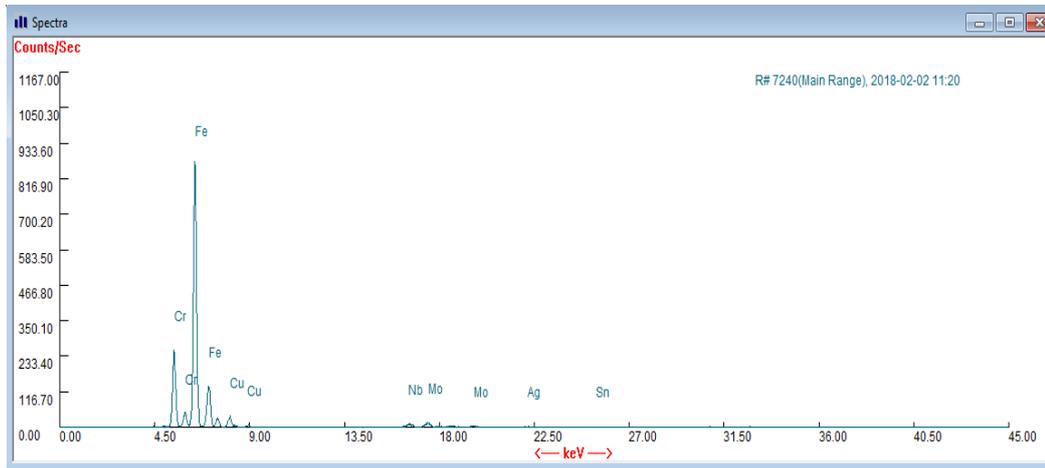


3. Sampel Logam 17-4PH

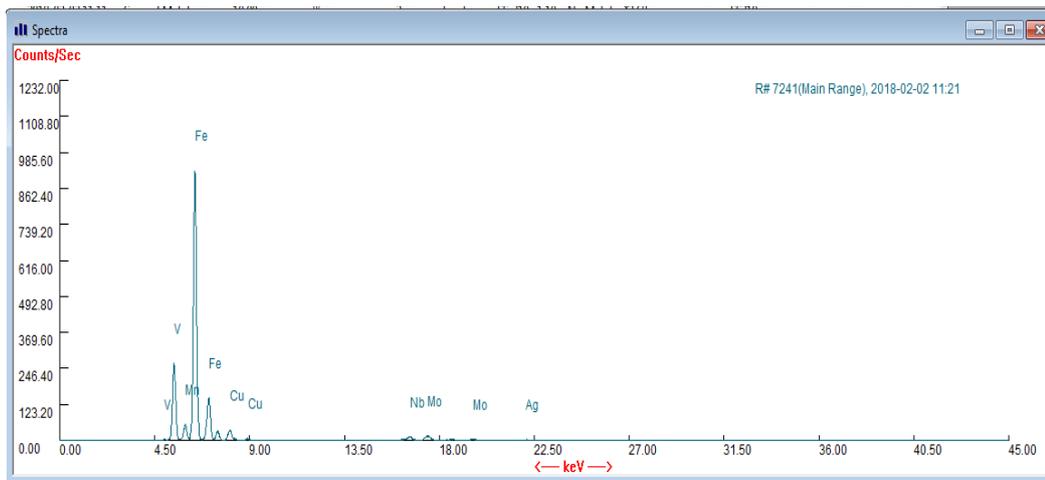
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-1



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-2

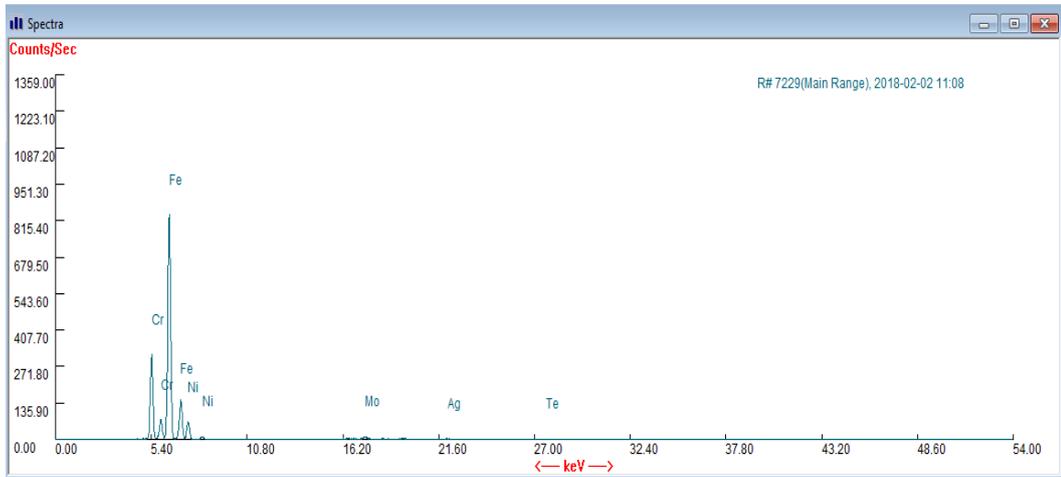


Hasil Spektrum XRF Uji Ke-3

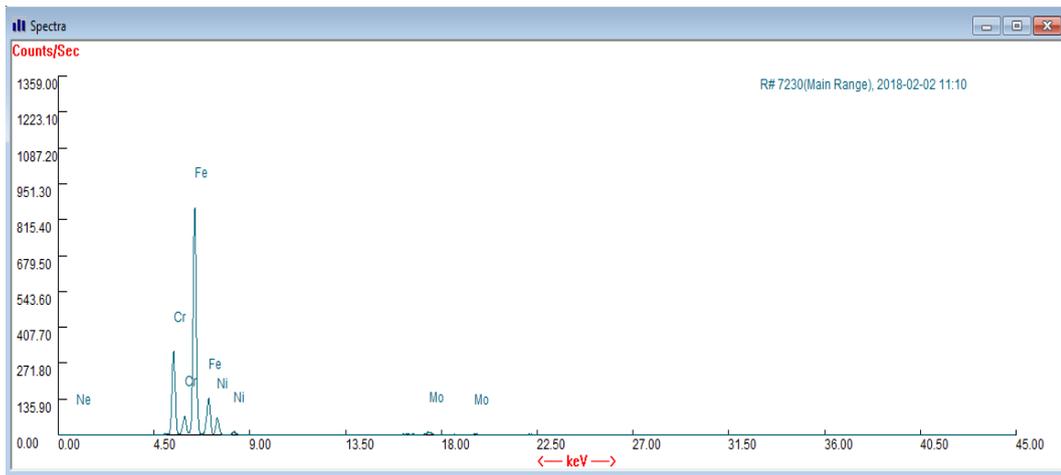


4. Sampel Logam SS-304

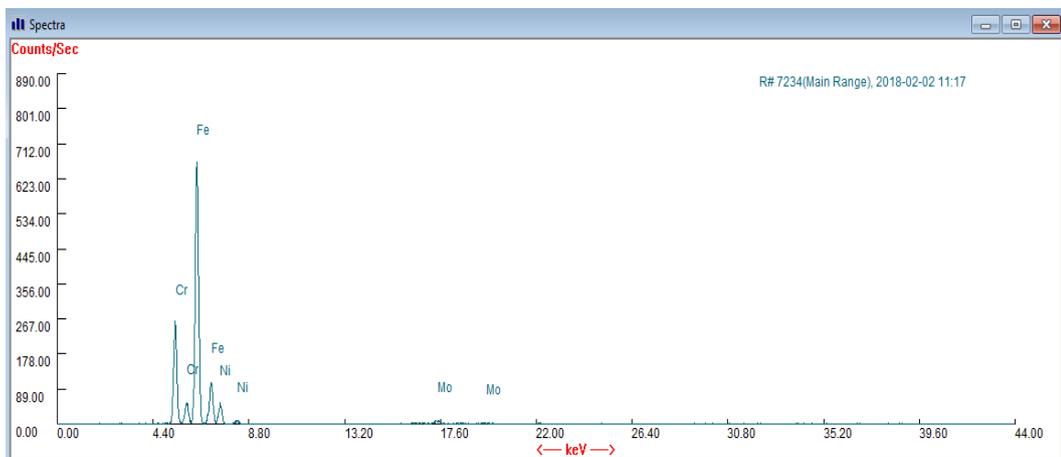
Hasil Spektrum XRF Uji Ke-1



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-2



Hasil Spektrum XRF Uji Ke-3



B. DATA ANALISIS OES PADA ARC MET 8000

1. SS-310

MEASUREMENT Conc. model: CRNI STEELS (4+4s Fe)[Argon] 21.2018 10:26:37 PM HF

Measurement name: SS310

Element	Last result	SS310.3	SS310.2	SS310.1	SS310.0
Fe	54.33	53.69	52.67	57.25	77.80
C	0.089	0.192	(0.590)	(3.053)	(0.000)
Si	0.630	0.802	1.643	(2.170)	2.856
Mn	1.603	1.276	0.760	0.798	2.740
Cr	25.19	23.43	21.95	27.91	(48.83)
Ni	17.66	20.07	22.59	14.32	2.785
Mo	0.154	0.211	0.189	0.248	0.078
Cu	0.025	0.012	0.000	0.003	0.089
Ti	0.001	0.011	0.038	0.067	0.200
Nb	0.057	0.000	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Al	0.000	0.016	0.050	0.083	0.256
V	0.132	0.107	0.053	0.032	(0.000)
W	0.003	0.024	(0.000)	(0.000)	0.068
Ca	0.101	0.108	0.176	0.173	0.579
S	(0.116)	(0.085)	(0.135)	(0.141)	(0.223)
P	0.000	0.088	0.300	(0.000)	(0.897)

Menu Select model type Select model Change to averages Select meas. name More

2. 17-4PH

ATRON 1000

MEASUREMENT Conc. model: CRNI STEELS (4+4s Fe)[Argon] 2/1/2018 10:29:31 PM HF

Measurement name: 17-4PH

Element	Last result	17-4PH.3	17-4PH.2	17-4PH.1	17-4PH.0
Fe	74.66	74.09	74.43	74.28	74.97
C	0.072	0.077	0.085	0.108	(0.688)
Si	0.561	0.539	0.576	0.460	0.527
Mn	0.398	0.418	0.380	0.484	0.416
Cr	15.48	15.70	15.34	16.55	15.34
Ni	3.463	3.499	3.565	3.288	3.379
Mo	0.379	0.368	0.385	0.306	0.317
Cu	4.368	4.193	4.490	3.881	3.658
Ti	0.071	0.070	0.072	0.078	0.145
Nb	0.273	0.268	0.287	0.248	0.000
Al	0.030	0.036	0.030	0.046	0.067
V	0.103	0.105	0.106	0.105	0.093
W	0.045	0.064	0.044	0.048	0.007
Co	0.111	0.110	0.092	0.122	0.151
S	(0.169)	(0.206)	(0.122)	(0.130)	(0.126)
P	0.000	0.258	0.000	0.000	0.158

Menu Select model type Select model Change to averages Select meas. name More

3. SS-304

ATRON 17000

MEASUREMENT Conc. model: CRNI STEELS (4+4s Fe)[Argon] 2/1/2018 10:24:00 PM HF

Measurement name: SS304

Element	Last result	SS304 .3	SS304 .2	SS304 .1	SS304 .0
Fe	70.46	71.18	71.07	70.53	68.74
C	0.050	0.109	0.095	0.102	(0.531)
Si	0.388	0.585	0.545	0.508	1.100
Mn	1.598	1.372	1.412	1.562	1.824
Cr	19.39	18.86	19.13	19.66	19.85
Ni	6.703	7.016	7.069	6.816	7.259
Mo	0.011	0.130	0.085	0.047	0.217
Cu	0.039	0.037	0.035	0.025	0.007
Ti	0.009	0.011	0.012	0.013	0.024
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.014	0.025	0.029	0.026	0.046
V	0.082	0.075	0.073	0.068	0.062
W	0.182	0.013	0.025	0.064	0.046
Co	0.525	0.223	0.268	0.342	0.194
S	(0.240)	(0.127)	(0.207)	(0.183)	(0.239)
P	0.334	0.261	(0.000)	0.096	(0.000)

Menu Select model type Select model Change to averages Select meas. name More

LAMPIRAN 2
DATA HASIL PENELITIAN

A. DATA KANDUNGAN UNSUR UJI XRF

1. Logam Tipe *Zeron 100*

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata - Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg	1,25	0,95	1,14	0,85	0,98
2.	Al	1,49	1,22	0,85	0,85	0,97
3.	Si	1,74	0,68	0,57	0,56	0,60
4.	S	2,31	1,08	1,00	1,27	1,12
5.	Cl	2,62	0,81	1,00	0,56	0,79
6.	K	3,31	1,68	1,14	1,27	1,36
7.	Ca	3,69	0,95	1,00	1,55	1,67
8.	Ti	4,51	2,84	1,00	1,27	1,70
9.	V	4,95	2,16	1,85	2,12	2,04
10.	Cr	5,42	302,16	309,12	268,55	295,28
11.	Mn	5,90	65,54	58,69	57,40	60,54
12.	Fe	6,40	671,08	590,03	597,74	619,62
13.	Co	9,24	90,68	102,85	92,24	95,26
14.	Ni	7,48	59,86	62,68	51,90	58,15
15.	Cu	8,05	9,32	7,83	7,33	8,16
16.	Zn	8,64	10,00	11,40	5,64	9,01
17.	Nb	16,61	3,24	3,28	4,23	3,58
18.	Mo	17,48	114,32	110,83	109,17	111,44

2. Logam Tipe SS-310

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata - Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg	1,25	0,68	0,68	1,88	1,08
2.	Al	1,49	0,68	1,02	1,01	0,93
3.	Si	1,74	0,68	0,68	0,72	0,69
4.	S	2,31	0,68	1,02	2,02	1,24
5.	Cl	2,62	0,68	0,68	1,01	0,79
6.	K	3,31	0,68	1,71	0,87	1,09
7.	Ca	3,69	1,03	0,68	1,01	0,91
8.	Ti	4,51	0,68	1,02	1,44	1,05
9.	V	4,95	3,77	2,73	2,02	2,84
10.	Cr	5,42	301,37	295,56	290,50	290,47
11.	Mn	5,90	68,15	67,92	79,36	71,81
12.	Fe	6,40	427,20	420,82	261,90	371,97
13.	Co	9,24	94,18	97,95	63,20	85,11
14.	Ni	7,48	168,84	160,41	383,69	237,65
15.	Cu	8,05	22,60	26,62	41,41	30,21
16.	Zn	8,64	5,14	3,42	2,45	3,67
17.	Nb	16,61	3,08	3,07	3,46	3,21
18.	Mo	17,48	10,27	11,26	15,22	12,25

3. Logam Tipe 17-4PH

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata - Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg	1,25	0,34	1,25	0,69	0,76
2.	Al	1,49	0,34	0,63	0,69	0,55
3.	Si	1,74	0,34	0,63	1,03	0,67
4.	S	2,31	0,68	0,63	0,69	0,67
5.	Cl	2,62	1,03	1,25	1,03	1,10
6.	K	3,31	1,37	1,25	1,03	1,22
7.	Ca	3,69	1,03	0,63	1,03	0,90
8.	Ti	4,51	1,37	0,63	1,03	1,01
9.	V	4,95	3,41	1,88	2,41	2,56
10.	Cr	5,42	207,53	191,88	208,25	202,55
11.	Mn	5,90	43,15	38,13	45,70	42,33
12.	Fe	6,40	612,67	597,50	625,09	611,75
13.	Co	9,24	135,27	131,25	138,49	134,00
14.	Ni	7,48	26,71	18,13	30,24	25,03
15.	Cu	8,05	29,45	31,25	32,65	31,12
16.	Zn	8,64	2,74	1,88	2,06	2,23
17.	Nb	16,61	12,33	8,13	10,31	10,26
18.	Mo	17,48	17,81	13,13	15,46	15,47

4. Logam Tipe SS-304

No.	Unsur	Intensitas Energi / Peak (KeV)	Uji Ke-1	Uji Ke-2	Uji Ke-3	Rata - Rata
			(Count / Sec)			
1.	Mg	1,25	1,03	1,66	1,03	1,24
2.	Al	1,49	1,03	0,66	1,03	0,91
3.	Si	1,74	0,68	1,00	0,69	0,79
4.	S	2,31	0,68	0,33	0,69	0,57
5.	Cl	2,62	0,68	0,66	0,69	0,68
6.	K	3,31	1,03	1,33	1,72	1,36
7.	Ca	3,69	1,71	1,33	1,03	1,59
8.	Ti	4,51	1,03	1,33	1,03	1,13
9.	V	4,95	2,05	2,99	2,41	2,48
10.	Cr	5,42	252,40	314,62	257,04	274,69
11.	Mn	5,90	59,59	46,84	56,01	54,15
12.	Fe	6,40	587,67	621,59	604,12	604,46
13.	Co	9,24	125,34	121,59	132,30	126,41
14.	Ni	7,48	58,22	66,45	64,95	63,21
15.	Cu	8,05	9,59	9,63	10,31	9,84
16.	Zn	8,64	1,71	6,31	2,75	2,26
17.	Nb	16,61	2,40	2,31	3,44	2,72
18.	Mo	17,48	10,96	9,97	8,93	9,95

5. Tabel Rata Rata Hasil Pengolahan Data

No	Unsur	PEAK UNSUR	Zeron 100	SS-310	17-4PH	SS-304
1	Mg	1,25	0,98	1,08	0,76	1,24
2	Al	1,49	0,97	0,93	0,55	0,91
3	Si	1,74	0,6	0,69	0,67	0,79
4	S	2,31	1,12	1,24	0,67	0,57
5	Cl	2,62	0,79	0,79	1,1	0,68
6	K	3,31	1,36	1,09	1,22	1,36
7	Ca	3,69	1,67	0,91	0,9	1,59
8	Ti	4,51	1,7	1,05	1,01	1,13
9	V	4,95	2,04	2,84	2,56	2,48
10	Cr	5,42	295,28	290,47	202,55	274,69
11	Mn	5,9	60,54	71,81	42,33	54,15
12	Fe	6,4	619,62	371,97	611,75	604,46
13	Co	9,24	95,26	85,11	134	126,41
14	Ni	7,48	58,15	237,65	25,03	63,21
15	Cu	8,05	8,16	30,21	31,12	9,84
16	Zn	8,64	9,01	3,67	2,23	2,26
17	Nb	16,61	3,58	3,21	10,26	2,72
18	Mo	17,48	111,44	12,25	15,47	9,95

B. DATA KANDUNGAN UNSUR UJI OES

1. Data hasil uji OES (*Optical Emission Spectroscopy*) pada SS310

Measurement name : SS310					
Element	Last Result	SS310 .3	SS310 .2	SS310 .1	SS310 .0
Fe	54.33	53.69	52.67	57.25	77.80
C	0.089	0.192	(0.590)	(3.053)	(0.000)
Si	0.630	0.802	1.643	0.217	2.856
Mn	1.603	1.276	0.760	0.798	2.740
Cr	25.19	23.43	21.95	27.91	(48.43)
Ni	17.66	20.07	22.59	14.32	2.785
Mo	0.154	0.211	0.189	0.248	0.078
Cu	0.025	0.012	0.000	0.003	0.089
Ti	0.001	0.011	0.038	0.067	0.200
Nb	0.057	0.000	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Al	0.000	0.016	0.050	0.083	0.256
V	0.132	0.107	0.053	0.032	(0.000)
W	0.003	0.024	(0.000)	0.000	0.068
Ca	0.101	0.108	0.176	0.173	0.579
S	(0.116)	(0.085)	(0.135)	(0.141)	(0.223)
P	0.000	0.088	0.300	(0.000)	(0.897)

2. Data hasil uji OES (*Optical Emission Spectroscopy*) pada 17-4PH

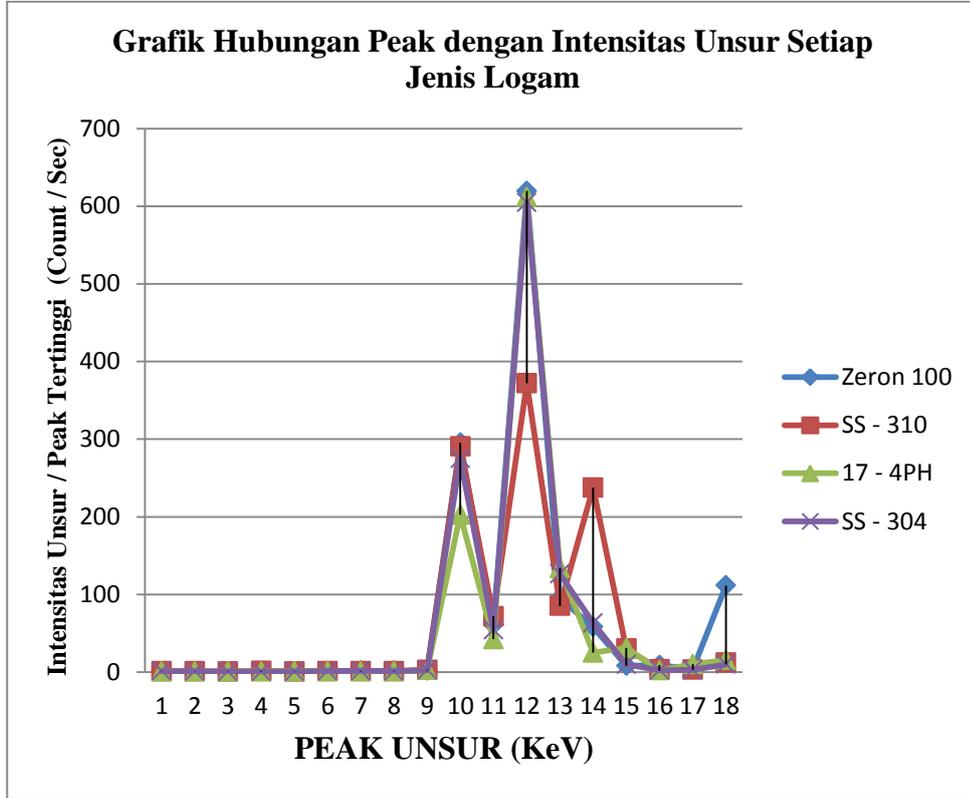
Measurement name : 17-4PH					
Element	Last Result	17-4PH .3	17-4PH .2	17-4PH .1	17-4PH .0
Fe	74.66	74.09	74.43	74.28	74.97
C	0.072	0.077	0.085	0.108	(0.688)
Si	0.561	0.539	0.576	0.460	0.527
Mn	0.398	0.418	0.380	0.484	0.416
Cr	15.48	15.70	15.34	16.55	15.34
Ni	3.463	3.499	3.565	3.288	3.379
Mo	0.379	0.368	0.385	0.306	0.317
Cu	4.368	4.193	4.490	3.881	3.658
Al	0.030	0.070	0.072	0.078	0.145
V	0.103	0.105	0.105	0.105	0.093
W	0.045	0.064	0.044	0.048	0.007
Ca	0.111	0.110	0.092	0.122	0.151
S	(0.169)	(0.206)	(0.122)	(0.130)	(0.126)
P	0.000	0.256	0.000	0.000	0.158

3. Data hasil uji OES (*Optical Emission Spectroscopy*) pada SS304

Measurement name : SS304					
Element	Last Result	SS304 .3	SS304 .2	SS304 .1	SS304 .0
Fe	70.46	71.18	71.07	70.53	68.74
C	0.050	0.109	0.095	0.102	(0.531)
Si	0.388	0.585	0.545	0.508	1.100
Mn	1.598	1.372	1.412	1.562	1.824
Cr	19.39	18.86	19.13	19.66	19.85
Ni	6.703	7.016	7.069	6.816	7.259
Mo	0.011	0.130	0.085	0.047	0.217
Cu	0.039	0.037	0.035	0.025	0.007
Ti	0.009	0.011	0.012	0.013	0.024
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.014	0.025	0.029	0.026	0.046
V	0.082	0.075	0.073	0.068	0.062
W	0.182	0.013	0.025	0.064	0.046
Ca	0.525	0.223	0.268	0.342	0.194
S	(0.240)	(0.127)	(0.207)	(0.183)	(0.239)
P	0.334	0.261	(0.000)	0.096	(0.000)

LAMPIRAN 3
GRAFIK HASIL PENGOLAHAN DATA

A. GRAFIK HUBUNGAN INTENSITAS DENGAN PEAK UNSUR



KETERANGAN :

Pada Sumbu X

1. Magnesium (Mg)
2. Alumunium (Al)
3. Silika (Si)
4. Sulfur (S)
- 5 Klorida (Cl)
6. Kalium (K)
7. Kalsium (Ca)
8. Titanium (Ti)
9. Vinidium (V)

10. Klorium (Cr)
11. Mangan (Mn)
12. Besi (Fe)
13. Cobalt (Co)
14. Nikel (Ni)
15. Tembaga (Cu)
16. Seng (Zn)
17. Niobium (Nb)
18. Molibdenum (Mo)

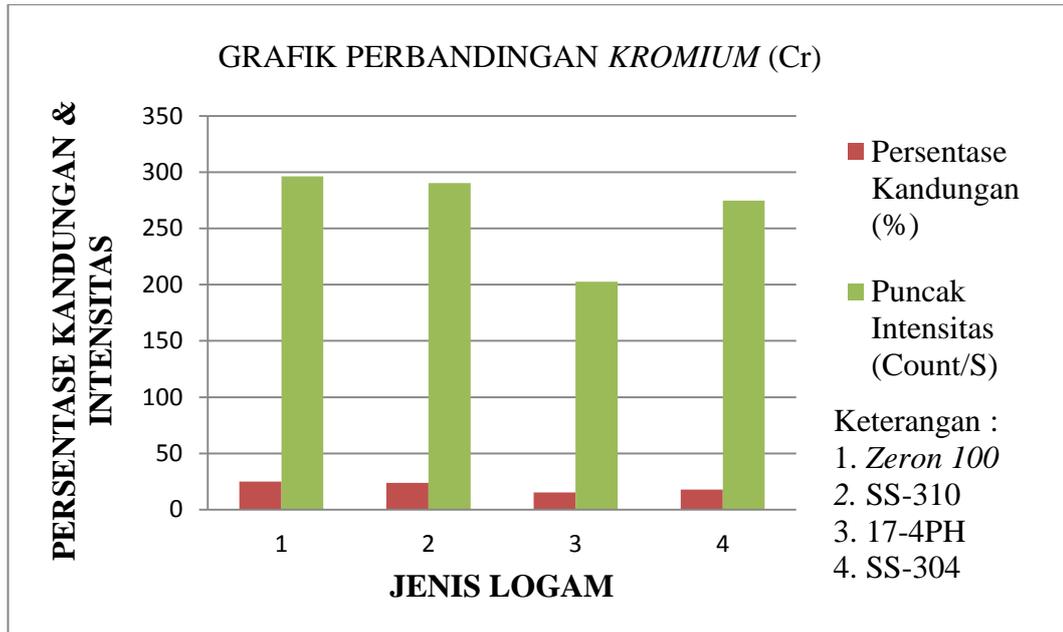
B. GRAFIK HUBUNGAN INTENSITAS DENGAN PERSENTASE KANDUNGAN

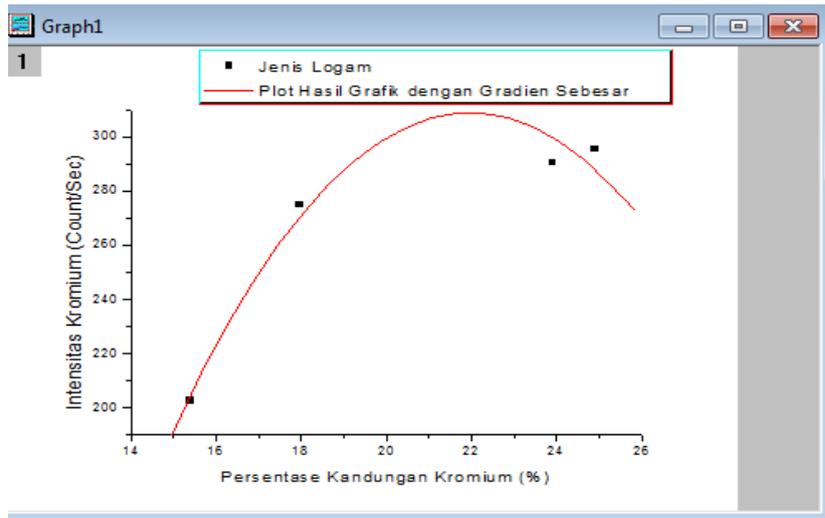
1. Data Komposisi dan Intensitas Menggunakan Uji XRF

Elemen	Komposisi (%)				Peak (KeV)
	Zeron 100	SS - 310	17-4PH	SS-304	
Cr	24,9	23,90	15,4	17,96	5,42
Ni	6,8	19,33	4,1	7,71	7,28

Elemen	Intensitas (Count / Sec)				Peak (KeV)
	Zeron 100	SS - 310	17-4PH	SS-304	
Cr	295,28	290,47	202,55	274,69	5,42
Ni	58,15	237,65	25,03	63,21	7,28

2. Grafik Uji XRF Kandungan Kromium (Cr)





Results

07/03/2018 01:43

Polynomial Regression for Data1_B:
 $Y = A + B1 * X + B2 * X^2$

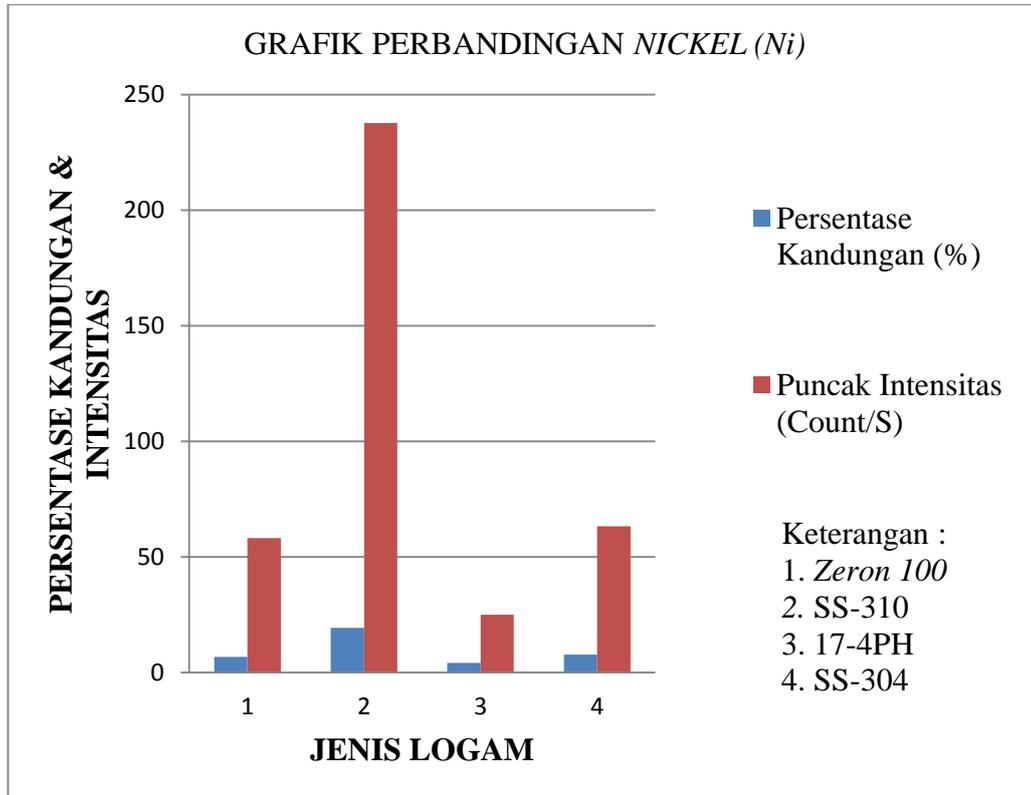
Parameter	Value	Error
A	-856,48916	352,09555
B1	106,12207	35,97799
B2	-2,41587	0,88586

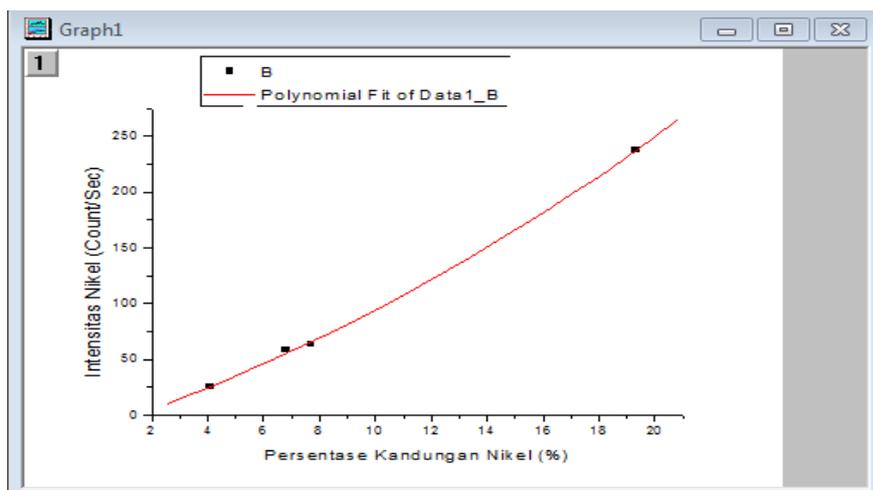
R-Square(COD)	SD	N	P
0,97025	12,85885	4	0,17249

PolyFit

	A[X1]	Data1B[Y1]
		Polynomial Fit of Data1_B
1	14,45	172,53561
2	15,05	193,448
3	15,65	212,62097
4	16,25	230,05451
5	16,85	245,74863
6	17,45	259,70332
7	18,05	271,91859
8	18,65	282,39443
9	19,25	291,13085
10	19,85	298,12784
11	20,45	303,38541
12	21,05	306,90355
13	21,65	308,68227
14	22,25	308,72157
15	22,85	307,02144
16	23,45	303,58189
17	24,05	298,40291
18	24,65	291,48451
19	25,25	282,82668
20	25,85	272,42943
21		
22		
23		
24		

3. Grafik Uji XRF Kandungan Nikel (Ni)





Results

07/03/2018 01:56

Polynomial Regression for Data1_B:
 $Y = A + B1 * X + B2 * X^2$

Parameter	Value	Error
A	-12,13073	13,08415
B1	8,22566	2,82904
B2	0,24284	0,11393

R-Square (COD)	SD	N	P
0,9994	4,05713	4	0,02442

	A[X1]	Data1B[Y1]
		Polynomial Fit of Data1_B
1	2,577	10,67945
2	3,53889	20,02023
3	4,50079	29,81036
4	5,46268	40,04989
5	6,42458	50,73877
6	7,38647	61,87701
7	8,34837	73,46461
8	9,31026	85,50158
9	10,27216	97,98792
10	11,23405	110,92362
11	12,19595	124,30868
12	13,15784	138,14311
13	14,11974	152,42699
14	15,08163	167,16006
15	16,04353	182,34258
16	17,00542	197,97447
17	17,96732	214,05572
18	18,92921	230,58634
19	19,89111	247,56632
20	20,853	264,99566
21		
22		
23		
24		
25		
26		

LAMPIRAN 4

AMERICAN STANDART TESTING AND MATERIAL (ASTM)

1. Zeron 100

UNS Designation ^a	Type ^c	Carbon ^d	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Molybdenum	Nitrogen	Copper	Other Elements ^{e,f}
Duplex (Austenitic-Ferritic)												
S31200	...	0.030	2.00	0.045	0.030	1.00	24.0-26.0	5.5-6.5	1.20-2.00	0.14-0.20	...	...
S31260	...	0.03	1.00	0.030	0.030	0.75	24.0-26.0	5.5-7.5	2.5-3.5	0.10-0.30	0.20-0.80	W 0.10-0.50
S31803	...	0.030	2.00	0.030	0.020	1.00	21.0-23.0	4.5-6.5	2.5-3.5	0.08-0.20	...	...
S32001	...	0.030	4.0-6.0	0.040	0.030	1.00	19.5-21.5	1.00-3.00	0.60	0.05-0.17	1.00	...
S32003	...	0.030	2.00	0.030	0.020	1.00	19.5-22.5	3.0-4.0	1.50-2.00	0.14-0.20	...	...
S32101	...	0.040	4.0-6.0	0.040	0.030	1.00	21.0-22.0	1.35-1.70	0.10-0.80	0.20-0.25	0.10-0.80	...
S32205	2205 ^G	0.030	2.00	0.030	0.020	1.00	22.0-23.0	4.5-6.5	3.0-3.5	0.14-0.20	...	...
S32304	2304 ^G	0.030	2.50	0.040	0.030	1.00	21.5-24.5	3.0-5.5	0.05-0.60	0.05-0.20	0.05-0.60	...
S32506	...	0.030	1.00	0.040	0.015	0.90	24.0-26.0	5.5-7.2	3.0-3.5	0.08-0.20	...	W 0.05-0.30
S32520	...	0.030	1.50	0.035	0.020	0.80	24.0-26.0	5.5-8.0	3.0-4.0	0.20-0.35	0.50-2.00	...
S32550	255 ^G	0.04	1.50	0.040	0.030	1.00	24.0-27.0	4.5-6.5	2.9-3.9	0.10-0.25	1.50-2.50	...
S32750	2507 ^G	0.030	1.20	0.035	0.020	0.80	24.0-26.0	6.0-8.0	3.0-5.0	0.24-0.32	0.50	...
S32760 ^H	...	0.030	1.00	0.030	0.010	1.00	24.0-26.0	6.0-8.0	3.0-4.0	0.20-0.30	0.50-1.00	W 0.50-1.00
S32900	329	0.08	1.00	0.040	0.030	0.75	23.0-28.0	2.0-5.00	1.00-2.00	...	...	...
S32906	...	0.030	0.80-1.50	0.030	0.030	0.50	28.0-30.0	5.9-7.5	1.50-2.60	0.30-0.40	0.80	...
S32950	...	0.030	2.00	0.035	0.010	0.60	26.0-29.0	3.5-5.2	1.00-2.50	0.15-0.35	...	...
S38274 ^t	...	0.030	1.00	0.030	0.020	0.80	24.0-26.0	6.0-8.0	2.5-3.5	0.24-0.32	0.20-0.80	W 1.50-2.50

2. SS-310

S30875	...	0.10-0.24	2.00	0.030	0.030	3.2-4.0	17.0-19.5	13.5-16.0	...	...	...	Al 0.80-1.20
S30815	...	0.05-0.10	0.80	0.040	0.030	1.40-2.00	20.0-22.0	10.0-12.0	...	0.14-0.20	...	Ce 0.03-0.08
S30908	309S	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0-24.0	12.0-15.0	...	...	...	...
S30909	309H ^G	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0-24.0	12.0-15.0	...	...	...	...
S30940	309C ^G	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0-24.0	12.0-16.0	...	...	...	Ch 10xC min, 1.10 max
S30941	309HC ^G	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	22.0-24.0	12.0-16.0	...	...	...	Ch 10xC min, 1.10 max
S31008	310S	0.08	2.00	0.045	0.030	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	...	...	...	...
S31009	310H ^G	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	24.0-26.0	19.0-22.0	...	...	...	...
S31040	310C ^G	0.08	2.00	0.045	0.030	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	...	...	...	Ch 10xC min, 1.10 max

3. 17-4PH

Composition, %													
UNS Designation ^B	Type	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Aluminum	Molybdenum	Titanium	Copper	Other Elements
S17400	630	0.07	1.00	0.040	0.030	1.00	15.00-17.50	3.00-5.00	...	...	...	3.00-5.00	^C
S17700	631	0.09	1.00	0.040	0.030	1.00	16.00-18.00	6.50-7.75	0.75-1.50	...	...	...	...
S15700	632	0.09	1.00	0.040	0.030	1.00	14.00-16.00	6.50-7.75	0.75-1.50	2.00-3.00	...	...	...
S35500	634	0.10-0.15	0.50-1.25	0.040	0.030	0.50	15.00-16.00	4.00-5.00	...	2.50-3.25	...	...	^D
S17600	635	0.08	1.00	0.040	0.030	1.00	16.00-17.50	6.00-7.50	0.40	...	0.40-1.20	...	...
S15500	XM-12	0.07	1.00	0.040	0.030	1.00	14.00-15.50	3.50-5.50	...	...	...	2.50-4.50	^C
S13800	XM-13	0.05	0.20	0.010	0.008	0.10	12.25-13.25	7.50-8.50	0.90-1.35	2.00-2.50	...	...	^E
S45500	XM-16	0.03	0.50	0.015	0.015	0.50	11.00-12.50	7.50-9.50	...	0.50	0.90-1.40	1.50-2.50	^F
S45503	...	0.010	0.50	0.010	0.010	0.20	11.00-12.50	7.50-9.50	...	0.50	1.00-1.35	1.50-2.50	^F
S45000	XM-25	0.05	1.00	0.030	0.030	1.00	14.00-16.00	5.00-7.00	...	0.50-1.00	...	1.25-1.75	^G
S46500	...	0.02	0.25	0.015	0.010	0.25	11.00-12.50	10.75-11.25	...	0.75-1.25	1.50-1.80	...	^E
S46910	...	0.030	1.00	0.030	0.015	0.70	11.0-13.0	8.0-10.0	0.15-0.50	3.0-5.0	0.50-1.20	1.5-3.5	...

4. SS-304

UNS Designation ^B	Type ^C	Carbon ^D	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Silicon	Chromium	Nickel	Molybdenum	Nitrogen	Copper	Other Elements ^{E,F}
Austenitic (Chromium-Nickel) (Chromium-Manganese-Nickel)												
N08020	...	0.07	2.00	0.045	0.035	1.00	19.0-21.0	32.0-38.0	2.00-3.00	...	3.0-4.0	Cb 8×C min, 1.00 max
N08367	...	0.030	2.00	0.040	0.030	1.00	20.0-22.0	23.5-25.5	6.0-7.0	0.18-0.25	0.75	...
N08800	800 ^G	0.10	1.50	0.045	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	Fe ^H 39.5 min Al 0.15-0.60 Ti 0.15-0.60
N08810	800H ^G	0.05-0.10	1.50	0.045	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	Fe ^H 39.5 min Al 0.15-0.60 Ti 0.15-0.60
N08811	...	0.06-0.10	1.50	0.040	0.015	1.00	19.0-23.0	30.0-35.0	...	...	0.75	Fe ^H 39.5 min Ti ^I 0.15-0.60 Al ^I 0.15-0.60
N08904	904L ^G	0.020	2.00	0.045	0.035	1.00	19.0-23.0	23.0-28.0	4.0-5.0	0.10	1.0-2.0	...
N08926	...	0.020	2.00	0.030	0.010	0.50	19.0-21.0	24.0-26.0	6.0-7.0	0.15-0.25	0.5-1.5	...
S20100	201	0.15	5.5-7.5	0.060	0.030	1.00	16.0-18.0	3.5-5.5	...	0.25	...	...
S20103	...	0.03	5.5-7.5	0.045	0.030	0.75	16.0-18.0	3.5-5.5	...	0.25	...	...
S20153	...	0.03	6.4-7.5	0.045	0.015	0.75	16.0-17.5	4.0-5.0	...	0.10-0.25	1.00	...
S20161	...	0.15	4.0-6.0	0.040	0.040	3.0-4.0	15.0-18.0	4.0-6.0	...	0.08-0.20	...	...
S20200	202	0.15	7.5-10.0	0.060	0.030	1.00	17.0-19.0	4.0-6.0	...	0.25	...	...
S20400	...	0.030	7.0-9.0	0.040	0.030	1.00	15.0-17.0	1.50-3.00	...	0.15-0.30	...	...
S20910	XM-19 ^J	0.06	4.0-6.0	0.040	0.030	0.75	20.5-23.5	11.5-13.5	1.50-3.00	0.20-0.40	...	Cb 0.10-0.30 V 0.10-0.30
S21400	XM-31 ^J	0.12	14.0-16.0	0.045	0.030	0.30-1.00	17.0-18.5	1.00	...	0.35 min	...	...
S21600	XM-17 ^J	0.08	7.5-9.0	0.045	0.030	0.75	17.5-22.0	5.0-7.0	2.00-3.00	0.25-0.50	...	...
S21603	XM-18 ^J	0.03	7.5-9.0	0.045	0.030	0.75	17.5-22.0	5.0-7.0	2.00-3.00	0.25-0.50	...	...
S21800	...	0.10	7.0-9.0	0.060	0.030	3.5-4.5	16.0-18.0	8.0-9.0	...	0.08-0.18	...	...
S24000	XM-29 ^J	0.08	11.5-14.5	0.060	0.030	0.75	17.0-19.0	2.3-3.7	...	0.20-0.40	...	...
S30100	301	0.15	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.10	...	...
S30103	301L ^G	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.20	...	...
S30153	301LN ^G	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	...	0.07-0.20	...	...
S30200	302	0.15	2.00	0.045	0.030	0.75	17.0-19.0	8.0-10.0	...	0.10	...	...
S30400	304	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-10.5	...	0.10	...	...
S30403	304L	0.030	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-12.0	...	0.10	...	...
S30400	304H	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	0.75	18.0-20.0	8.0-10.5	...	...	...	...

LAMPIRAN 5
LAMPIRAN SURAT IJIN PENELITIAN

A. LAMPIRAN SURAT IJIN PENELITIAN PT. PETROKIMIA GRESIK

	PETROKIMIA GRESIK								
MEMO									
Kepada	: Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta								
Dari	: Pembimbing Skripsi di PT Petrokimia Gresik								
Hal	: Surat Izin Penelitian								
Nomor	: 0235/NK.02.02/38/MI/2017								
Tanggal	: 18 September 2017								
<hr/>									
Menunjuk surat Nomor : 552/BIMB-TAS/2017 tanggal 15 September 2017 tentang "Dosen Pembimbing Skripsi" bagi mahasiswa sebagai berikut :									
<table border="1"><thead><tr><th>Nama</th><th>Nomor Induk</th><th>Jurusan/Institusi</th><th>Periode Pelaksanaan</th></tr></thead><tbody><tr><td>Risky Hidayat Santoso Putra</td><td>14306141008</td><td>Fisika/UNY</td><td>September 2017 – Januari 2018</td></tr></tbody></table>		Nama	Nomor Induk	Jurusan/Institusi	Periode Pelaksanaan	Risky Hidayat Santoso Putra	14306141008	Fisika/UNY	September 2017 – Januari 2018
Nama	Nomor Induk	Jurusan/Institusi	Periode Pelaksanaan						
Risky Hidayat Santoso Putra	14306141008	Fisika/UNY	September 2017 – Januari 2018						
dengan ini kami konfirmasi bahwa bimbingan dan penelitian bagi mahasiswa tersebut di atas dapat dilaksanakan di unit kami, dan sebagai pembimbing adalah :									
Nama	: Fernandez								
NIK	: T - 494875								
Jabatan	: Staf Madya								
Bagian	: Inspeksi Teknik Khusus								
Atas perhatiannya kami sampaikan terimakasih.									
Pembimbing Penelitian									
									
Fernandez									
<small>*Adwail dapat menyetujui</small>									
<hr/>									
PT PETROKIMIA GRESIK Jln. Jenderal A. Yani – Gresik 61119 – Indonesia Telp : (+62) 3962100, 3962200 Ext.2431,2432 Fax : (+62) 3962100, 3962200									

**B. LAMPIRAN SURAT IJIN PENELITIAN UNIVERSITAS NEGERI
YOGYAKARTA**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
Alamat: Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281
Telepon 0274-586188 psw 217, 335, 0274-585411 Fax 0274-545203
Laman: fmpa.uny.ac.id E-mail: humas_fmpa@uny.ac.id

Nomor : 6/UN34.13/DT/Peu/2018
Lamp. : 1 Bendel Proposal
Hal : Izin Penelitian

22 Februari 2018

Yth. PT. PETROKIMIA GRESIK
JALAN JENDRAL AHMAD YANI NO 61119 GRESIK, INDONESIA

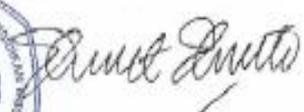
Kami sampaikan dengan hormat, bahwa mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama	: Risky Hidayat Santoso Putra
NIM	: 14306141008
Program Studi	: Fisika - S1
Judul Tugas Akhir	: ANALISIS KANDUNGAN PADA LOGAM BAJA PADUAN DENGAN MENGGUNAKAN METODA X-RAYS FLUOROSENCE (XRF) DAN OPTICAL EMISSION SPECTROSCOPY (OES)
Tujuan	: Memohon izin meneliti data untuk penulisan Tugas Akhir Skripsi (TAS)
Waktu Penelitian	: 22 Februari - 23 Maret 2018

Untuk dapat terlaksananya maksud tersebut, kami mohon dengan hormat Bapak/Ibu berkenan memberi izin dan bantuan seperlunya.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami sampaikan terima kasih.

Wakil Dekan I Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam


Slamet Suyanto, M.Ed.
NIP. 19620702 199101 1 001



Tembusan :
1. Sub. Bagian Pendidikan dan Kemahasiswaan ;
2. Mahasiswa yang bersangkutan.



Pengambilan Data OES



Pencatatan data OES



Pemotongan Logam sesuai Ukuran



Penghlusan Permukaan Logam Spesimen



Pemotongan Spesimen



Pemotongan Dengan Alat Pemotong Logam



Perangkat OES



Alat Arc-Met 8000 Berbasis OES

	Denier	934	900 min
Nomor Pita	Kg	71	70 min
Kuat tarik lenturan/ 5 cm - arah lusi	Kg	70	70 min
- arah pakan	Kg	26	25 min
Kuat tarik jahitan per 5 cm		40	40 min
Tetal - Lusi / 10 cm		41	40 min
- Pakan / 10 cm	Cm	2,6	1,5 min
Panjang ekor jahitan	Cm	1	1,0 min
Jarak jahitan	Cm	2"	2,5 min
Lebar Lipatan	Sekel	13	13 - 15
Jumlah seki per 10 cm			
Kantong dalam	Cm	112	110 +2/-0
Panjang	Cm	61	60 +2/-0
Lebar	Gram	36,7	36 min
Berat	Mikron	32	30 min
Tebal	Kg	1,6	1,6 min
Kuat tarik per 2,5 cm - arah lusi	Kg	1	1,0 min
- arah pakan	Kg	1	0,8 min
Kuat tarik lekat panas per 2,5 cm	Kg	1	1,0 min
Jarak lekat panas	Cm	1,3	1,0 min

Dari data up di atas, contoh uji tidak memenuhi spec. (*)

Manager Inspeksi Teknik: Ir. Riza Perkasa Putera

Tambahan: 1. Simpanan (R1.1.24)

RPPiAGS/SFIAR

Kertas Pencatatan Hasil Uji Logam



Pembersihan Logam Sebelum diuji OES

Element	Concentration
Fe	79.01
C	15.59
Si	4.496
Mn	0.362
Cr	0.015
Ni	0.101
Mo	0.000
Cu	0.436
Al	0.283
V	0.000
W	(0.000)
Ti	0.083
Nb	(0.000)
B	(0.075)
S	0.000
P	10.266

RESULTS Conc: model: LOW ALLOYS (#48 Fe)(Argon) 9/29/2017 4:57:33 AM

Information about result: 7.0
Analysis date: 9/25/2017 4:33 AM

Tabel Uji OES



ISTEKSUS PT.Petrokimia Gresik