



TESIS

TESIS - TI185471

**ANALISA UMUR RENCANA APLIKASI COATING PADA
STUDI KASUS ASSET INTEGRITY PROYEK DI PTVI Tbk.**

RIDWAN SETIAWAN
NRP. 02411850077043

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Budi Santosa, M.S, Ph. D

PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIDWAN SETIAWAN

NRP. 2411850077043

Tanggal Ujian : 20 Mei 2020

Periode Wisuda : September 2020

Disetujui Oleh:

Pembimbing :

1. Prof. Ir. Budi Santosa, M.S, Ph. D

NIP. 19690512 199402 1 001

Penguji :

1. Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc (Eng)

NIP. 19650630 199003 1 002

2. Prof. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc

NIP. 19590318 198701 1 001

3. Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D

NIP. 19700523 199601 1 001



Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph. D.

NIP: 19700523 199601 1 001

**ANALISA UMUR RENCANA APLIKASI COATING PADA STUDI KASUS
ASSET INTEGRITY PROYEK DI PTVI Tbk.**

Nama mahasiswa : Ridwan Setiawan
NRP : 02411850077043
Pembimbing : Prof. Ir. Budi Santosa., MSc., Ph.D.

ABSTRAK

PTVI telah berdiri lebih dari 50 tahun untuk melakukan produksi biji nikel. Dengan umur fasilitas yang ada maka perlu dilakukan perbaikan pada aset pabrik di PTVI. Saat ini Asset Integrity adalah salah satu faktor penting dalam menunjang proses produksi. Penerapan aplikasi coating telah dilakukan secara ekstensif dalam eksekusi proyek Asset Integrity untuk memastikan fasilitas masih dapat berfungsi untuk menunjang proses produksi. Studi yang dilakukan adalah untuk melakukan analisa umur desain dari coating protection di area industrial PTVI dengan adanya pengaruh proses produksi seperti Emisi sulphur, debu, curah hujan, dan temperatur operasi. Analisa dilakukan menggunakan metoda analisis data historikal dengan menggunakan model Causal- Regression untuk memprediksi umur rencana desain coating protection dimasing-masing area Dryer, KILN, Furnace, dan Converter. Hasil analisa teknis menunjukkan intensitas emisi SO₂, stack emission, NO_x, dan intensitas curah hujan memiliki efek yang signifikan terhadap umur coating di area process plant. Dengan menggunakan pemodelan regresi, pengaruh variabel independen terhadap umur rencana coating di area process plant bervariasi. Dryer memiliki umur coating design sebesar 4,9 tahun, KILN memiliki umur desain coating sebesar 5,73 tahun, Furnace memiliki umur desain coating sebesar 6,23 tahun, dan Converter memiliki umur desain coating sebesar 6,73 tahun. Area Process Plant yang mengalami dampak paling besar akibat pengaruh lingkungan industrial adalah area Dryer karena posisi stack yang terkonsentrasi di area Dryer menyebabkan umur coating di area ini paling rendah dari area lainnya di area Process Plant

Kata Kunci: *Forecasting, Regresi, ANOVA, Coating protection, Asset Integrity*

ANALYSIS OF COATING LIFETIME APPLICATION IN CASE STUDY OF ASSET INTEGRITY PROJECT IN PTVI Tbk.

Nama mahasiswa : Ridwan Setiawan
NRP : 02411850077043
Pembimbing : Prof. Ir. Budi Santosa., MSc., Ph.D.

ABSTRACT

PTVI has been established for more than 50 years to produce nickel ore. With the age of the existing facilities it is necessary to make improvements to the plant assets at PTVI. Currently Asset Integrity is one of the important factors in supporting the production process. The application of coatings has been carried out extensively in the execution of the Asset Integrity proyek to ensure facilities can still function to support the production process. The study was conducted to analyze the design life of coating protection at PTVI with the influence of production processes such as sulphur emissions, dust, rainfall, and operating temperatures using Causal – Regression model to predict coating desing lifetime in each area of Dryer, KILN, Furnace, and Converter. Technical analysis result shown the SO₂ emission intensity, Stack emission, NOx emission, and Rainfall intensity has a significant effect to the coating lifetime in Process Plant area. By using regression model the independent variable influence to the coating design lifetime is varies. Dryer has the coating design lifetime of 4,9 years, KILN has the coating design lifetime of 5,73 years, Furnace has the coating design lifetime of 6,23 years, and Converter has the coating lifetime design of 6,73 years. Process plant area which having the most significant impact of industrial climate is Dryer area due to stack position located in Dryer area, causing the coating lifetime in this area is the lowest than other area in the Process Plant area.

Keywords: *Forecasting, Regression, ANOVA, Coating protection, Asset Integrity*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi kehadirat ALLAH SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis ini dengan judul “*Analisa Umur Rencana Aplikasi Coating pada Studi Kasus Asset Integrity Proyek di PTVI Tbk.*”.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan *improvement* dalam perencanaan dan eksekusi proyek *Asset Integrity* di PTVI Tbk. Metode evaluasi ini menggunakan analisis data historikal dengan menggunakan model *causal method -regression*.

Penelitian dan penyusunan tesis ini tidak dapat penulis selesaikan tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, penulis mengucapkan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan secara moral dan materi terutama kepada:

1. Bapak Prof.Ir. Budi Santosa, MS.,Ph.D. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan saran dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Bapak Dr. Mokh. Suef., M.Sc(Eng), Bapak Prof. Ir. Udisubakti Ciptomulyono., M.Eng., Ph.D dan Bapak Nurhadi Siswanto., ST., MSIE., Ph.D selaku dosen penguji dalam sidang akhir CBR ini
3. Ibu Dr. Ir. Sri Gunani Pratiwi M.T. dan Bapak Erwin Widodo., ST., M.Eng., Dr.Eng selaku dosen penguji sidang 50% yang telah memberikan saran-saran bermanfaat dalam penyusunan CBR ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Pasca Sarjana Teknik Industri ITS yang telah memberikan ilmu serta pengalaman yang sangat bermanfaat.
5. Staf administrasi Pasca Sarjana Teknik Industri yang telah memberikan bantuan semua urusan administrasi dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Istri, anak-anak dan semua keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
7. Rekan-rekan sesama bimbingan yang selalu memberikan dorongan positif dalam penyusunan tesis ini
8. Seluruh rekan-rekan mahasiswa S2 Teknik Industri kelas kerjasama PT Vale Indonesia yang selalu bersama-sama dalam kekompakan suka dan duka menyelesaikan kuliah dan membantu penyusunan tesis ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah ikut andil dan memberikan bantuan dalam penelitian dan penyelesaian tesis ini.

“Kita tidak tahu diri kita hingga kita dapat melihat hal apa yang dapat kita lakukan” adalah prinsip yang selalu menjadi pengangan penulis karena setiap langkah kedepan yang kita ambil menuju arah yang lebih baik menunjukkan perkembangan yang berkelanjutan terhadap potensi kita secara keseluruhan untuk menjadi manusia yang berkualitas terhadap keluarga, agama, dan bangsa. Apabila terdapat kekurangan dalam penelitian dan penyusunan tesis ini, kami selaku penulis memohon saran dan masukan yang membangun untuk lebih meningkatkan kualitas tesis ini. Semoga dengan penyusunan tesis ini dapat memberikan manfaat yang dapat diimplementasikan, memberikan nilai tambah serta memberikan ilmu bagi orang banyak.

Sorowako, 06 Juni 2020

Ridwan Setiawan

Daftar Isi

ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.1.1 Fasilitas Pemilahan (<i>Screening Station</i>).....	1
1.1.2 Fasilitas Pengolahan (<i>Process Plant</i>).....	3
1.1.2.1 Fasilitas Pengeringan (<i>Dryer</i>).....	3
1.1.2.2 Fasilitas Reduksi (<i>KILN</i>).....	4
1.1.2.3 Fasilitas Tanur (<i>Furnace</i>).....	5
1.1.2.4 Fasilitas pengubah (<i>Converter</i>).....	5
1.1.3 Proyek <i>Asset Integrity</i>	8
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	11
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	11
1.4 LINGKUP KAJIAN.....	12
KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	13
2.1 Korosi.....	13
2.1.1 Efek Kelembapan Relatif (RH).....	14
2.1.2 Tipe Korosi.....	17
2.1.3 Laju Korosi.....	21
2.1.4 Sisa umur rencana.....	21
2.2 <i>Coating Protection</i>	22
2.2.1 Sistem Perlindungan menggunakan Cat.....	25
2.2.2 Kegagalan Sistem Perlindungan pada Cat.....	26
2.3 <i>PTVI Asset Integrity Proyek</i>	27
2.4 <i>Data Mining</i>	30
2.4.1 Tahapan <i>data Mining</i>	32
2.4.2 Uji Hipotesis.....	34
2.4.3 Analisa Korelasi.....	35
2.5 <i>Forecasting</i>	37
2.5.1 Prinsip <i>Forecasting</i>	37
2.5.2 Prosedur <i>Forecasting</i>	38
2.5.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan teknik <i>Forecasting</i>	38
2.5.4 Model <i>Forecasting</i>	39

2.5.5 Metode Regresi	42
2.5.6 ANOVA.....	47
2.5.7 <i>Test-F</i>	49
2.6 Daftar Penelitian yang relevan	50
METODOLOGI PENELITIAN	53
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	53
3.2 Variabel Penelitian dan Sumber data.....	53
3.3 Prosedur penelitian	54
3.4 Pengolahan Data	56
3.5 Identifikasi dan Pemilihan Model.....	57
3.6 <i>Forecasting</i>	60
HASIL DAN ANALISA	61
4.1 <i>Data Collection</i>	61
4.1.1 Kondisi aktual <i>Coating</i>	61
4.1.2 Hasil <i>Sampling</i> Intensitas Emisi SO ₂	63
4.1.2 Data Curah Hujan	63
4.1.3 <i>Stack</i> dan NO _x <i>Sampling</i>	64
4.2 Model Regresi.....	66
4.3 Analisa Regresi.....	68
4.3.1 Koefisien Determinasi.....	68
4.3.2 <i>F-value</i>	71
4.3.3 <i>t-test</i>	72
4.3.4 Persamaan regresi	74
4.3.5 Pengetesan Model Regresi	77
KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN 1	85
LAMPIRAN 2	87
LAMPIRAN 3	102
LAMPIRAN 4	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Komposisi kandungan <i>Ore</i> Nikel pada blok timur dan barat.....	2
Gambar 1.2 Fasilitas Pemilahan material di area tambang.....	2
Gambar 1.3 Diagram alur proses produksi di area <i>Dryer</i> PTVI.....	3
Gambar 1.4 Diagram alur proses produksi di area <i>KILN</i> PTVI.	4
Gambar 1.5 Diagram alur proses produksi di area <i>Furnace</i> PTVI.....	5
Gambar 1.6 Diagram alur proses produksi di area <i>Converter</i> PTVI.	6
Gambar 1.7 Tipe struktur di area <i>Process Plant</i>	8
Gambar 1.8 Paparan resiko untuk struktural baja di area <i>Process Plant</i>	8
Gambar 1.9 Efek korosi di area <i>process plant</i> akibat proses operasi.	9
Gambar 1.10 <i>Expenditure</i> pembelian cat dalam proyek <i>Asset Integrity</i>	10
Gambar 2.1 Reaksi korosi pada permukaan logam (<i>Asset Integrity Assessment</i> ,2012)	15
Gambar 2.2 Urutan seri galvanis berdasarkan tipe logam (<i>Asset Integrity Assessment</i> , 2012)	16
Gambar 2.3 Contoh tipe <i>Uniform Corrosion</i>	17
Gambar 2.4 Contoh <i>Pitting Corrosion</i>	18
Gambar 2.5 Contoh tipe <i>Crevice Corrosion</i>	19
Gambar 2.6 Contoh tipe Intergranular Corrosion.....	19
Gambar 2.7 Contoh <i>Stress Corrosion Cracking</i>	20
Gambar 2.8 Contoh tipe <i>Galvanic Corrosion</i>	20
Gambar 2.9 Proses <i>Sandblasting</i> yang dilakukan di bengkel kerja.....	23
Gambar 2.10 Data curah hujan di area Plant Site PTVI (rata-rata 10 tahun terakhir).....	28
Gambar 2.11 Diagram korelasi antara variabel.....	37
Gambar 2.12 Contoh Diagram F	49
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	54
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian – Studi Literatur, <i>Standard Codes</i> dan referensi proyek	55
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian – Penetapan Variabel Penelitian	56
Gambar 3.4 Identifikasi dan Pemilihan Model <i>Forecasting</i>	58
Gambar 3.5 Diagram alur <i>Forecasting</i> menggunakan model Regresi	60
Gambar 4.1 Hasil Uji Emisi SO ₂	63
Gambar 4.2 Hasil <i>sampling</i> data intensitas curah hujan.....	64
Gambar 4.3 Posisi <i>stack</i> yang ada di PTVI.....	65
Gambar 4.4 Residual Plot untuk Independent Variabel di <i>Dryer</i>	69

Gambar 4.5 Residual Plot untuk Independent Variabel di <i>KILN</i>	69
Gambar 4.6 Residual Plot untuk Independent Variabel di <i>Furnace</i>	70
Gambar 4.7 Residual Plot untuk Independent Variabel di <i>Converter</i>	70
Gambar 4.8 Simulasi Siklus Perbaikan <i>Coating</i> di area <i>Process Plant</i>	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel Proses kimiawi disemua lini produksi PTVI.....	6
Tabel 1.2 List Assessment Proyek <i>Asset Integrity</i>	9
Tabel 2.1 Referensi ISO Standard untuk mengidentifikasi lingkungan korosi.....	15
Tabel 2.2 Kategori korosi berdasarkan ISO standard 12944 tahun 1988 dan 2018	17
Tabel 2.3 Keuntungan dan kerugian aplikasi sistem proteksi pelindung (cat) di <i>workshop</i>	24
Tabel 2.4 Indikasi umur rencana sistem proteksi lapisan struktur baja	24
Tabel 2.5 Tipe kegagalan pada aplikasi <i>coating protection</i>	27
Tabel 2.6 Tipe anomali hasil pemeriksaan visual dalam proyek <i>Asset Integrity Assessment</i> ..	29
Tabel 2.7 Laju Korosi berdasarkan hasil assessment tahun 2012	30
Tabel 2.8 Daftar penelitian yang relevan	51
Tabel 3.1 Pemilihan Model <i>Forecasting</i>	59
Tabel 4.1 Contoh laporan <i>sampling</i> kondisi aktual <i>coating</i> untuk area <i>Dryer</i>	62
Tabel 4.2 Contoh hasil pengambilan <i>sampling stack</i> di area <i>Dryer</i>	66
Tabel 4.3 Hasil <i>data preprocessing</i> untuk model regresi area <i>Dryer</i>	67
Tabel 4.4 Hasil Koefisien Determinasi dari Analisa Regresi.....	68
Tabel 4.5 Hasil Nilai F	71
Table 4.6 <i>t- test Dryer</i>	73
Table 4.7 <i>t- test KILN</i>	73
Table 4.8 <i>t- test Furnace</i>	74
Table 4.9 <i>t- test Converter</i>	74
Table 4.10 Persamaan Regresi	75
Table 4.11 Pengetesan Persamaan Regresi	78

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

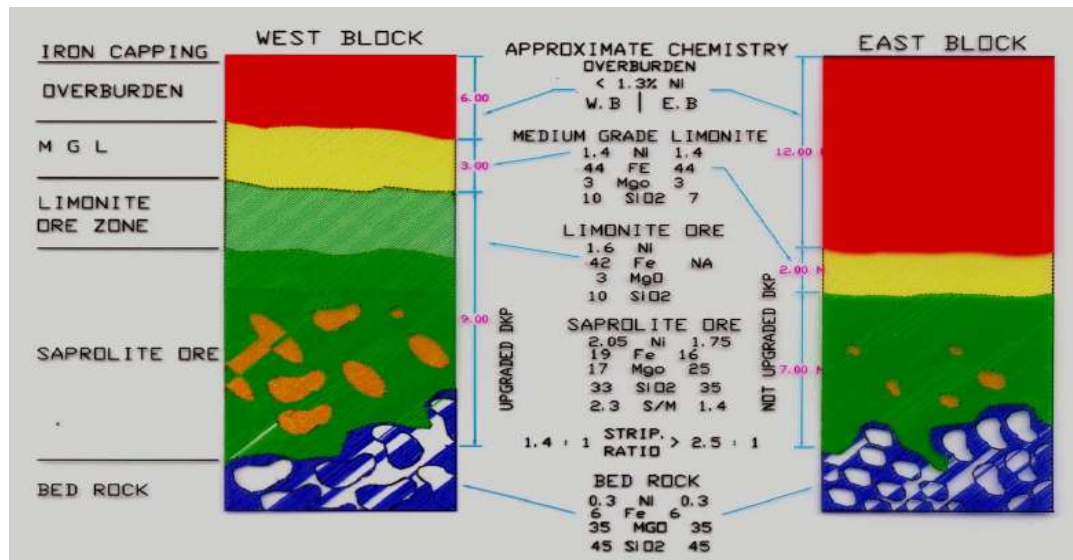
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

PT Vale Indonesia Tbk. (PTVI) berdiri pada tahun 1968 yang pada saat itu bernama PT International Nickel Indonesia (INCO). PT Vale Indonesia Tbk. (PTVI) bergerak dibidang pertambangan dan pengolahan bijih nikel. Proses penambangan dilakukan dengan metode tambang terbuka (*open pit*) dengan luas area konsesi kontrak karya \pm 115.000 Ha tersebar di area Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Tengah. Dengan luasan area konsesi tersebut PT Vale menyumbangkan 5% pasokan nikel didunia. Secara garis besar operasional di PTVI terbagi atas fasilitas pemilahan dan fasilitas pengolahan biji nikel.

1.1.1 Fasilitas Pemilahan (*Screening Station*)

Proses penambangan terbagi atas 2 area yaitu area Timur (*east*) dan area Barat (*west*). Masing-masing material di area ini memiliki karakteristik yang berbeda dari sisi komposisi kimiawi, lingkaran batu, kadar nikel, dan mineral lainnya. Masing-masing tipikal *ore* ini berada dilokasi tambang terbuka yang berbeda dan semua *ore* tersebut dipilah difasilitas stasiun pemisahan (*Screening Station*) yang bertujuan untuk memisahkan material *ore* sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam proses produksi bijih nikel. Proses penambangan biji Nikel sendiri diambil dari lapisan deposit Laterite yang memiliki konten besi (Fe) dan alumina (Al) selain itu terdapat juga konten Nikel (Ni), Cobalt (Co), Silika (Si) dan mangan (Mg). Konten senyawa kimia untuk area timur (*East*) dan barat (*West*) memiliki komposisi yang berbeda sehingga untuk mendapatkan hasil yang bagus maka kedua material ini harus dicampur secara proporsional untuk mendapatkan reaksi kimiawi yang memenuhi kriteria hasil akhir produk.



Gambar 1.1 Komposisi kandungan Ore Nikel pada blok timur dan barat.

Dari sisi konstruksi; fasilitas pemisahan ini terbuat dari kombinasi konstruksi baja dan beton untuk mendapatkan struktur yang kaku dan kokoh sehingga dapat menunjang proses pemilahan ore secara berkelanjutan dalam jangka waktu yang lama.



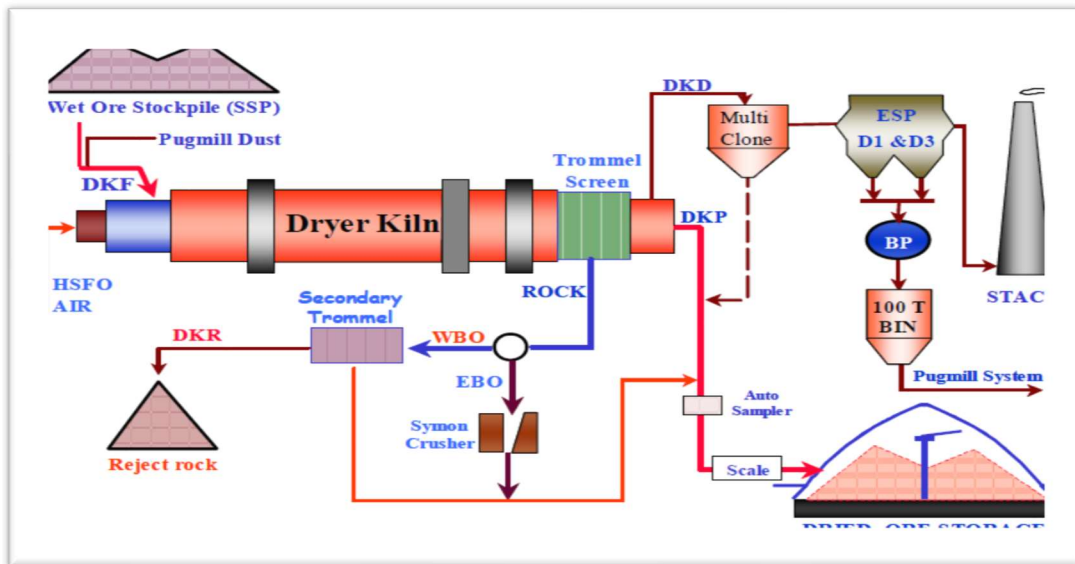
Gambar 1.2 Fasilitas Pemilahan material di area tambang

1.1.2 Fasilitas Pengolahan (*Process Plant*)

Fasilitas pengolahan milik PT Vale terdiri dari fasilitas Pengeringan (*Dryer*), Reduksi (*Kiln*), Tanur (*Furnace*), dan Pengubah (*converter*). Masing masing fasilitas ini melibatkan proses transformasi material *ore* dengan bantuan reaksi kimiawi dan proses metalurgi untuk memperoleh kadar nikel yang sesuai dengan kebutuhan supplier.

1.1.2.1 Fasilitas Pengeringan (*Dryer*)

Terdapat tiga lini Fasilitas pengeringan di PTVI yang berfungsi untuk melakukan pengeringan *ore* untuk mendapatkan kandungan kadar air didalam *ore* dapat turun hingga dibawah 20% agar memudahkan proses reduksi di *KILN* sebelum memasuki tanur listrik. Dalam proses ini pengeringan menggunakan bahan bakar HSFO dan batubara, proses pembakaran menggunakan sistem *atomizing* mengkombinasikan antara kedua bahan bakar fosil ini untuk mendapatkan proses pembakaran yang optimal dan efisien.



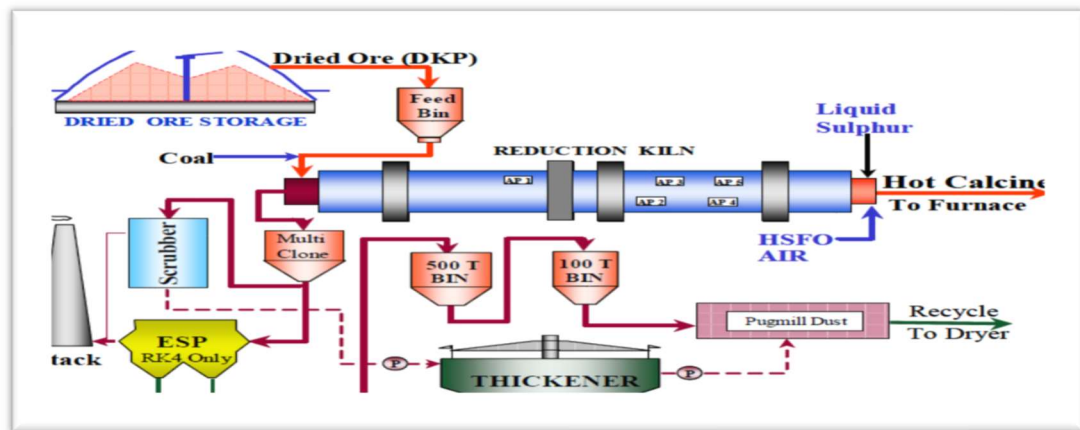
Gambar 1.3 Diagram alir proses produksi di area *Dryer* PTVI.

Proses di *dryer* ini menghasilkan emisi debu yang ditangkap oleh fasilitas penangkap debu yang terpasang secara paralel dimulai dari *Multiclone* (MC) dan *Electro Static Precipitator* (ESP). Seluruh struktur di area *Dryer* terbuat dari konstruksi baja dan beton yang didesain untuk memastikan umur rencana dari fasilitas ini dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama.

1.1.2.2 Fasilitas Reduksi (*KILN*)

Terdapat lima lini fasilitas reduksi di PTVI yang bertujuan untuk mereduksi kandungan nikel, *Cobalt* dan besi dalam *ore*. Proses reduksi yang terjadi didalam *KILN* dapat terjadi dengan adanya tambahan material sulphur yang mengikat senyawa *nickel* untuk mendapatkan produk akhir berupa *calcine*. Proses pembakaran di *KILN* ini menghasilkan emisi debu. Material debu ini kemudian ditangkap dan dikirim kembali ke fasilitas pengeringan untuk mengurangi *waste* dari produksi.

Fasilitas *KILN* dibuat tidak jauh berbeda dari fasilitas *Dryer* namun dari sisi proses hal yang membedakan adalah proses yang dilakukan di *KILN* adalah proses reduksi sebelum masuk kedalam *furnace*. Karena proses ini melibatkan senyawa sulfur dalam volume yang sangat banyak maka laju korosif di area ini sangat tinggi terhadap struktur baja.

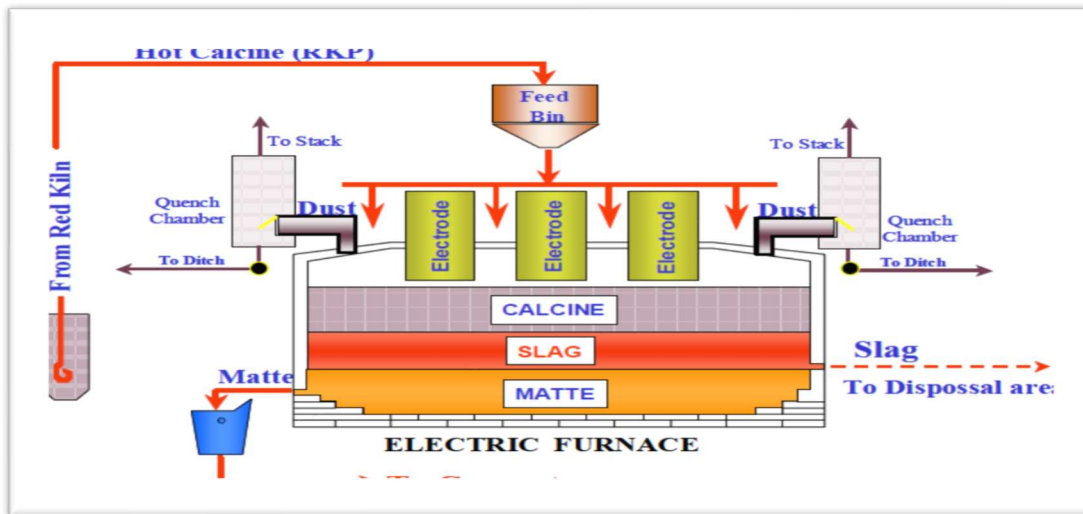


Gambar 1.4 Diagram alur proses produksi di area *KILN* PTVI.

1.1.2.3 Fasilitas Tanur (*Furnace*)

Fasilitas tanur di PTVI berfungsi untuk memisahkan senyawa Ni dan Fe melalui proses *smelting*. Proses *smelting* dilakukan didalam tanur listrik dengan kisaran suhu sekitar 1500^o C. hasil akhir dari proses ini terbagi dua yaitu *slag* dan *matte*. Produk *slag* akan dibuang ketempat pembuangan akhir dan *matte* akan diteruskan menuju fasilitas pengayaan.

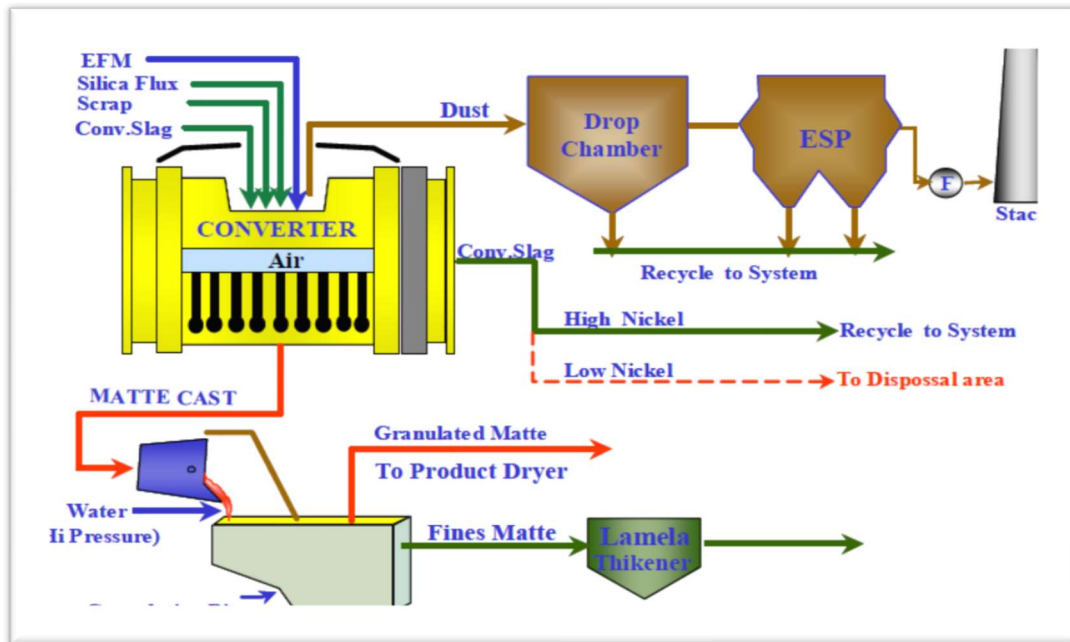
Karena temperatur operasi fasilitas ini bekerja disuhu yang sangat tinggi maka diperlukan proses pendinginan yang secara konstan dilakukan selama proses operasi berlangsung. Secara umum struktur fasilitas ini terbuat dari kombinasi struktur baja dan beton untuk memastikan fungsi desain fasilitas ini dapat bertahan dalam waktu yang lama.



Gambar 1.5 Diagram alir proses produksi di area *Furnace* PTVI.

1.1.2.4 Fasilitas pengubah (*Converter*)

Fasilitas *converter* di PTVI berfungsi untuk proses oksidasi besi dan penambahan *flux* serta pemisahan antara senyawa nikel dan sulfur. Dengan proses ini maka konsentrat nikel dapat naik hingga 78% sesuai standard yang disyaratkan.



Gambar 1.6 Diagram alur proses produksi di area Converter PTVI.

Tabel 1.1 Tabel Proses kimiawi disemua lini produksi PTVI

Drying	Chemical Reaction Process
Water Evaporation	$H_2O (l) \rightarrow H_2O (v)$
Screening	-2"/-6" size \rightarrow -3/4"
Reduction	
Water Evaporation	$H_2O (l) \rightarrow H_2O (v)$
Calcination	$FeO.OH (goethite) \rightarrow Fe_2O_3 + H_2O$
Partial Reduction	$Fe_2O_3 + CO/H_2 \rightarrow FeO + CO_2/H_2O$
Sulphidation	$FeO + CO/H_2 \rightarrow Fe^* + Co_2/H_2O$
	$NiO + Co/H_2 \rightarrow Ni^* + CO_2/H_2O$
	$CoO + CO/H_2 \rightarrow Co^* + CO_2/H_2O$
	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4 (Serpentine) \rightarrow mg_2SiO_4 + MgSiO_3 + H_2O$
	$Fe/Ni/Co + S \rightarrow Fe/Ni Sulphides (FeS + Ni_3Si_2+CoS)$

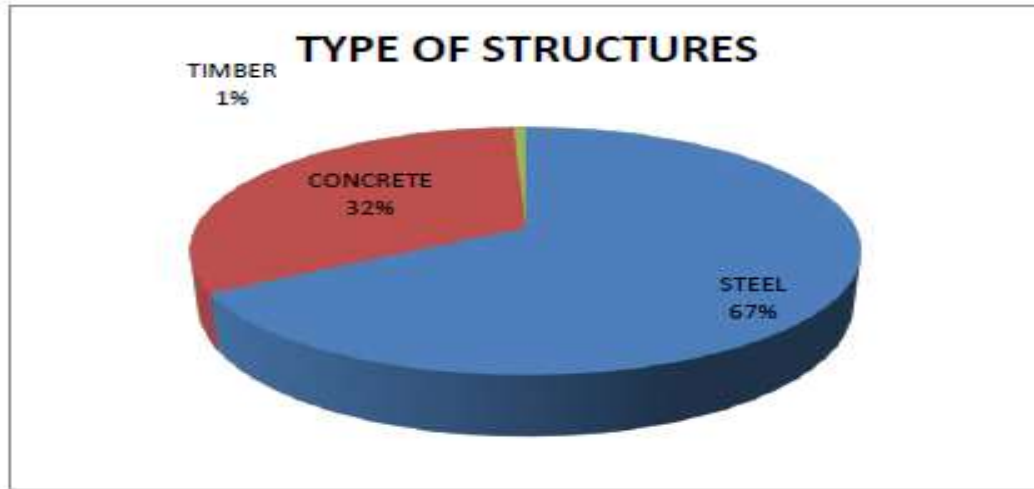
(Lanjutan Tabel 1.1)

Smelting	Chemical Reaction Process
Complete Reduction	$\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe}^* + \text{CO}$
Smelting	$\text{NiO} + \text{C} \rightarrow \text{Ni}^* + \text{CO}$
Matte-Slag Separation	$\text{CoO} + \text{C} \rightarrow \text{Co}^* + \text{CO}$ $2\text{FeS} + 3 \text{Ni}^* \rightarrow \text{Ni}_3\text{S}_2 + 2\text{Fe}^*$ $\text{SiO}_2 + \text{MgO} \rightarrow \text{Slag}$ Fce matte - Slag Separation
Converting	
iron Oxidation	$\text{Fe}^* + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$
Fluxing	$2\text{FeO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{SiO}_4$ (Fayalite Slag)
Matte-Slag Separation	Conv. Matte ($\text{Ni}_3\text{S}_2 + \text{CoS}$) - Slag Separation
Granulation	
Granulation	Molten matte + Compressed Cold water \rightarrow Granule
Water Evaporation	$\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{v})$

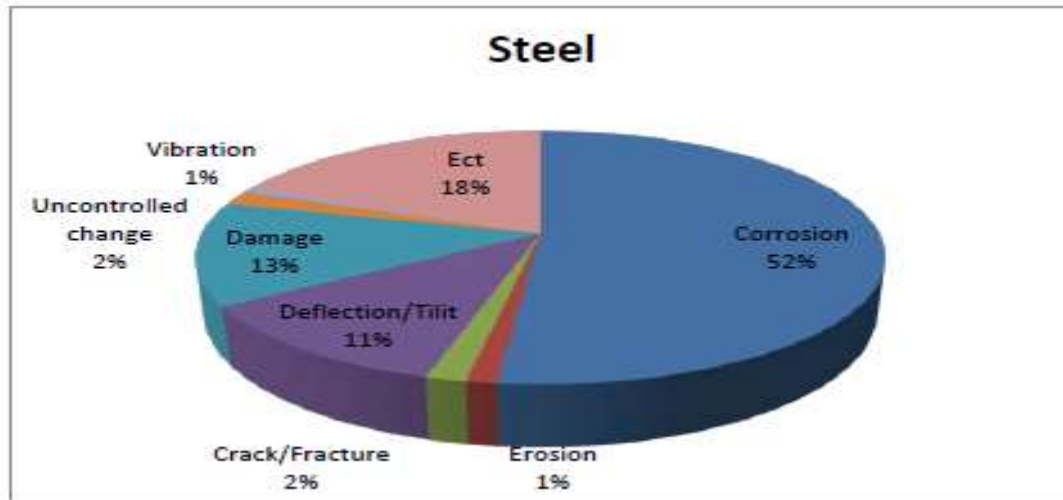
Dengan semua proses tersebut diatas maka kondisi lingkungan di PTVI dikategorikan dalam kondisi lingkungan industrial level 5 (C5-I) (ISO12944-2, 1998) yang menyebabkan proses korosi sangat tinggi terjadi dan hampir merata disemua fasilitas yang ada di area *process plant*. Berdasarkan dari hasil *assessment* yang dilakukan pada tahun 2012, paparan resiko akibat korosi di area *Process Plant* mencapai 52% (lihat Gambar 1.8) Hal ini terjadi karena 67% struktur di area *Process Plant* terdiri dari structural baja (lihat Gambar 1.7).

Dengan kondisi saat ini laju korosi pada fasilitas - fasilitas ini secara gradual akan menurunkan umur rencana bangunan yang akan berdampak kepada umur fungsional dari fasilitas-fasilitas tersebut.

Untuk menangani laju korosi yang dapat mempengaruhi integritas struktur maka PTVI melakukan inisiatif untuk menjalankan proyek *Asset Integrity*.



Gambar 1.7 Tipe struktur di area *Process Plant*



Gambar 1.8 Paparan resiko untuk struktural baja di area *Process Plant*

1.1.3 Proyek *Asset Integrity*

Proyek *Asset Integrity* adalah bagian dari *Asset Management Framework* (AMF), sistem ini dibentuk untuk fokus pada perencanaan dan kontrol aset yang berdasarkan dari hasil assessment yang telah dilakukan dalam rangkaian proyek AMF yang berjalan. Dalam eksekusi proyek *Asset Integrity* cakupan ruang lingkup proyek ini meliputi 365 fasilitas. Hasil penelitian melaporkan data di Tabel 1.2.

Tabel 1.2 List Assessment Proyek *Asset Integrity*

No	AREA	TOTAL FASILITAS
1	<i>Converter</i>	37
2	<i>Furnace</i>	32
3	<i>KILN</i>	162
4	<i>Dryer</i>	93
5	Utilities	15
6	Screening Station	16
7	IT Tower	5
8	Lightning <i>protection</i> Tower	5
Total		365

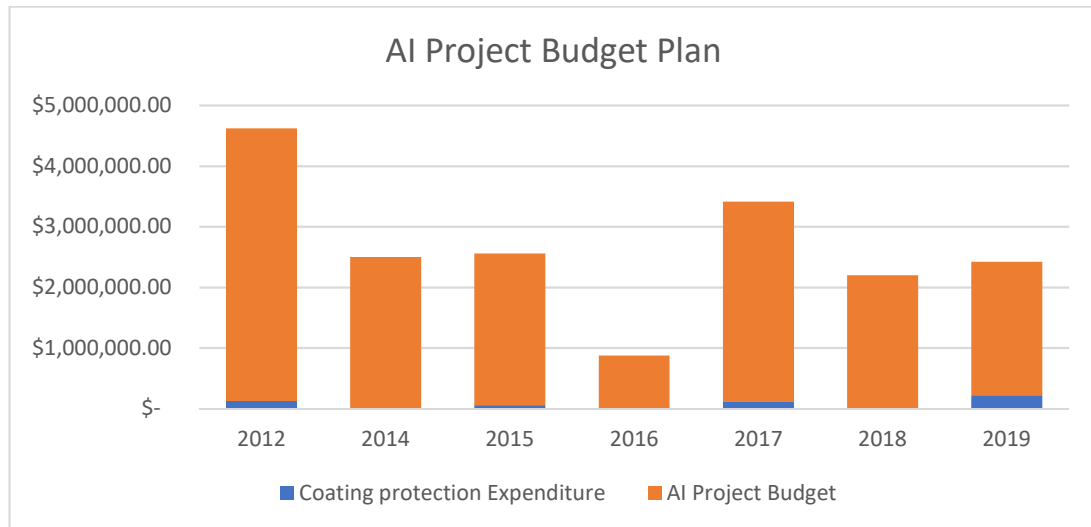
Dalam proses eksekusi proyek *Asset Integrity*, salah satu hal yang perlu diperhatikan khususnya dalam proses perawatan struktur adalah proteksi lapisan (*Coating protection*).



Gambar 1.9 Efek korosi di area *process plant* akibat proses operasi.

Proses *coating* adalah salah satu pre-kondisi yang dilakukan pada saat persiapan proses konstruksi untuk memastikan durabilitas desain struktur dapat terpenuhi. Namun satu hal yang perlu diketahui bahwa rentang *durability* bukanlah sesuatu yang dapat dipastikan. Meskipun durabilitas adalah parameter pertimbangan teknis yang dapat membantu tim perawatan melakukan persiapan program perawatan namun hal ini tidak dapat menjamin waktu garansi dan biasanya waktu garansi lebih pendek dari

waktu rentang durabilitasnya. Oleh karena hal tersebut tim perawatan membutuhkan interval waktu yang lebih sering karena kasus-kasus terkait proteksi pelapisan akan berbeda tergantung dari kondisi lokasi khususnya di area *process plant* PTVI.



Gambar 1.10 *Expenditure* pembelian cat dalam proyek *Asset Integrity*

Dalam pelaksanaan proyek *Asset Integrity* ini, proses perbaikan meliputi perbaikan sebagian, penggantian total, dan perbaikan proteksi *coating* dengan tujuan untuk memastikan umur fungsi aset tetap dapat terpenuhi. Proyek *Asset integrity* yang telah berjalan lebih dari 7 tahun memerlukan evaluasi berkala sebagai bagian dari perbaikan yang berkelanjutan. Dengan melakukan evaluasi tersebut akan memungkinkan pengambil keputusan untuk mengambil keputusan strategis sehubungan dengan praktek eksekusi dan perawatan saat ini dan kedepan.

Melalui penelitian ini diharapkan mendapatkan hasil evaluasi pengaruh proses operasi dan lingkungan terhadap umur coating didalam aplikasi proyek ini dengan parameter atau variabel dibagi menjadi 2 kriteria, yaitu:

- Variabel Dependen yang berupa umur desain *coating protection*
- Variabel independent yang berupa data-data uji emisi, curah hujan, dan kondisi aktual *coating protection* didalam eksekusi proyek *Asset*

Integrity yang telah berlangsung diarea *Process Plant* yang dapat mempengaruhi daya tahan coating.

Mengingat pentingnya aplikasi *coating* ini dalam memastikan fungsi dari aset tetap terjaga maka perlu dilakukan prediksi umur desain *coating* akibat pengaruh dari variabel independen diatas untuk memberikan masukan kepada pengambil keputusan untuk menentukan strategi perawatan yang tepat dengan kondisi lapangan di area *Process Plant*. Metode regresi adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi dengan kombinasi beberapa variabel independen untuk melihat korelasi hubungan dari masing masing variabel terhadap variabel dependen. Dengan memiliki model regresi yang baik maka kualitas dan kekuatan dari prediksi akan semakin akurat. Melalui penelitian ini diharapkan mendapatkan hasil analisa umur desain *coating* untuk masing masing area di *Process Plant* sehingga dapat memberikan rekomendasi berupa prediksi aspek aplikasi *coating* dalam eksekusi proyek *Asset Integrity* yang sedang berjalan di PT Vale Indonesia Tbk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian CBR ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh kondisi lingkungan diarea *process plant* terhadap umur desain *coating* pada eksekusi proyek *Asset Integrity*?
- b. Bagaimana melakukan prediksi umur desain *coating protection* dengan mempertimbangkan aspek pengaruh operasi dan lingkungan diarea *process plant*?

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan analisa pengaruh kondisi lingkungan sekitar terhadap aplikasi *coating* di area *process plant* PTVI khususnya pada proyek *Asset Integrity* yang sedang berjalan.
- b. Melakukan prediksi daya tahan umur desain *coating* pada proyek *Asset Integrity* yang sedang berjalan.

1.4 Lingkup kajian

Lingkup kajian ini meliputi sebagai berikut:

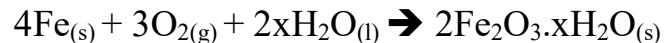
- a. Pengambilan data *assessment* dari proyek *Asset Integrity Assessment*
- b. Pengambilan data *sampling* QC di proyek *Asset Integrity (Construction)*
- c. Pengambilan data sampel pengukuran uji emisi intensitas SO₂ di area *process plant*
- d. Pengambilan data sampel pengukuran uji emisi Stack dan NO_x di area *process plant*
- e. Pengambilan data intensitas curah hujan di area *process plant*
- f. Rentang waktu pengambilan sampel mulai dari tahun 2011 hingga 2020
- g. Penelitian tidak memasukkan variabel temperatur dalam proses analisa
- h. Proses analisa regresi menggunakan *Data Analysis* dalam perangkat lunak *Microsoft Excel*.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Korosi

Korosi adalah suatu peristiwa degradasi pada struktur logam akibat reaksi reduksi dengan kondisi lingkungannya, ketika suatu senyawa logam berubah ke komposisi yang lebih stabil maka proses deteriorisasi akan terjadi terhadap material logam tersebut. Proses korosi biasanya terjadi ketika permukaan logam bersentuhan dengan air dan menyebabkan proses reduksi dengan hasil sisa dari reaksi reduksi tersebut adalah karat seperti yang diperlihatkan pada persamaan reaksi berikut:



Faktor yang sangat mempengaruhi korosi adalah tingginya tingkat polusi, kelembapan baik dalam bentuk hujan, embun, kondensasi, atau kelembapan yang relatif tinggi. Ketika kelembapan ini tidak terjadi maka kebanyakan kontaminan akan memiliki efek korosi yang tidak signifikan.

Hujan juga memiliki efek yang baik dan buruk secara bersamaan. Disatu sisi hujan dapat menghilangkan polutan yang berada dipermukaan struktur yang terbuka. Dilain sisi hujan juga dapat membuat akumulasi polutan, hal ini dapat mengakselerasi terjadinya proses korosi karena kelembapan yang tinggi. Efek ini biasanya dapat terlihat pada kondisi atmosfer disekitar area laut

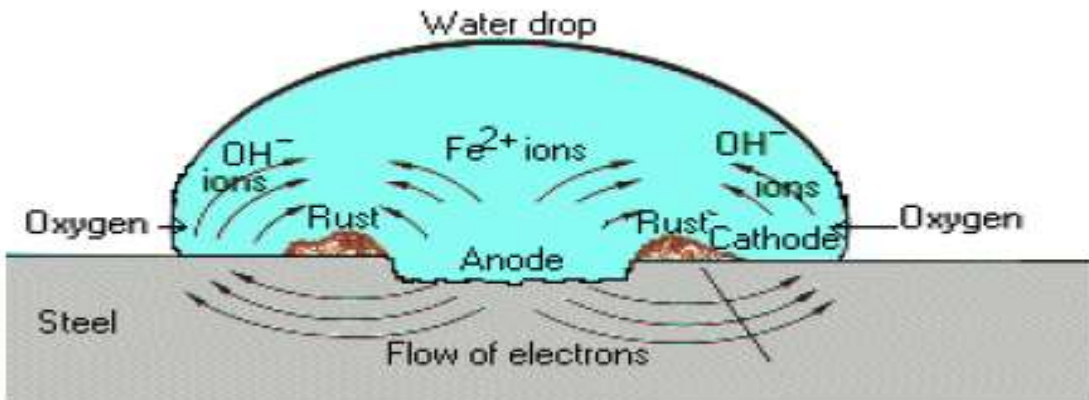
Dalam pembentukan korosi; embun dan kondensasi adalah hal yang sangat dihindari. Lapisan embun yang bercampur dengan garam laut atau asam sulfida, dan asam klorida di area yang memiliki atmosfer industrial dapat menghasilkan elektrolit yang menimbulkan korosi. Di area tropikal seperti Indonesia; proses kondensasi terjadi pada malam hari dan dapat menghasilkan kelembapan yang sangat cocok untuk bereaksi pada permukaan besi sehingga mempercepat terjadinya proses korosi.

Temperatur juga memiliki peranan yang penting dalam menciptakan atmosfer korosi karena aktifitas korosi normal dapat meningkat dua kali lipat setiap kenaikan 10 derajat celcius. Ketika suhu sekitar turun disore hari, permukaan logam cenderung lebih hangat daripada kelembapan udara disekelilingnya dan pada saat ini kondensasi belum terjadi sampai beberapa rentang waktu hingga titik embun terjadi. Ketika temperatur mulai naik kembali pada pagi hari temperatur pada permukaan logam maka akan terjadi *temperature lagging* yang menjadikan permukaan logam sebagai kondensator dan akan menahan lapisan embun dipermukaannya. Periode basah ini terjadi secara reptitif sehingga menimbulkan laju korosi yang parah pada permukaan logam.

2.1.1 Efek Kelembapan Relatif (RH)

Rasio kuantitas uap air yang hadir diatmosfir terhadap jumlah saturasi pada temperatur tertentu dinyatakan sebagai % RH. Hal yang paling penting dalam proses korosi adalah kehadiran lapisan tipis elektrolit yang dapat terbentuk pada permukaan logam ketika terpapar pada level kelembapan yang sangat kritis. Meskipun lapisan ini hampir tidak kelihatan namun kontaminan korosi yang ada relatif memiliki konsentrasi yang sangat tinggi, khususnya pada kondisi basah dan kering.

Level kelembapan yang kritis adalah variabel yang bergantung pada sifat korosi dari material itu sendiri, tendensi korosi pada produk, dan deposit permukaan untuk menyerap kelembapan, dan atmosfer polusi disekitar area struktur. Sebagai contoh; Untuk besi level kelembapan yang kritis adalah berada di angka 60% jika berada di area yang bebas polutan. Dengan kehadiran lapisan tipis elektrolit, kondisi korosi terjadi karena reaksi yang seimbang antara anoda dan katoda. Reaksi oksidasi anoda melibatkan serangan korosi pada logam sedangkan reaksi katoda secara natural bereaksi pada proses reduksi oksigen seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Reaksi korosi pada permukaan logam (*Asset Integrity Assessment*, 2012)

Sulfur Dioxide (SO₂) telah diketahui sebagai salah satu polutan udara yang berkontribusi proses korosi pada logam. Pendekatan yang disederhanakan untuk mengidentifikasi lingkungan korosi sesuai dengan tabel ISO (lihat Tabel 2.1) dengan melihat komposisi karakter partikel debu dan reaksinya terhadap struktur baja. *X-ray fluorescence* dan *Energy Dispersive Spectroscopy* dapat digunakan untuk melakukan karakterisasi jenis korosi yang bereaksi dengan struktur baja.

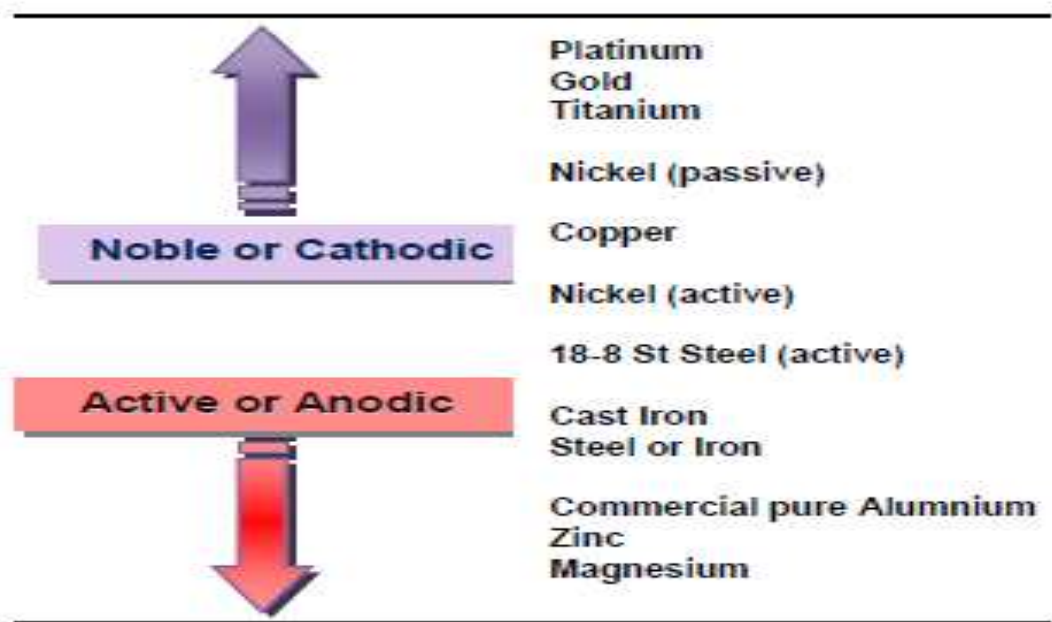
Tabel 2.1 Referensi ISO Standard untuk mengidentifikasi lingkungan korosi

ISO Reference	TITLE
ISO 9223	Classification of the Corrosivity of Atmospheres
ISO 9224	Guiding values for the Corrosivity Categories of Atmospheres
ISO9225	Aggresifity of Atmospheres – Methods of Measurement of Polluting Data

(Lanjutan tabel 2.1)

ISO9226	Corrosivity of Atmospheres – method of Determination of Corr. Rate of Standard Specimen for the Evaluation of Corrosivity
---------	---

Seperti yang terlihat pada seri galvanis konvensional pada Gambar 2.2, besi cenderung terkorosi jika bersentuhan dengan nikel. Emisi SO₂ juga dapat menyebabkan akselerasi korosi pada struktur baja, penurunan kekuatan beton dan perubahan warna pada cat. Gas SO₂ yang terpapar ke udara dan bercampur dengan partikel air membentuk asam Sulfur (H₂SO₄). Jenis asam ini menyebabkan efek korosi pada permukaan struktur besi.



Gambar 2.2 Urutan seri galvanis berdasarkan tipe logam (*Asset Integrity Assessment*, 2012)

Tabel 2.2 Kategori korosi berdasarkan ISO standard 12944 tahun 1988 dan 2018

Category	Corrosivity	12944:1998	12944:2018
C1	Very Low	Heated buildings	Dry or cold with very low pollution
C2	Low	Low levels of pollution	Temperate low pollution
C3	Medium	Urban and industrial atmospheres, moderate pollution or low salinity	Temperate, medium pollution, tropical low pollution
C4	High	Industrial areas or coastal areas with moderate salinity	Temperate with high pollution, tropical with moderate pollution
C5-I	Very High	Industrial, high humidity, aggressive atmosphere	N/A
C5-M	Very High	Coastal and offshore areas with high salinity	N/A

2.1.2 Tipe Korosi

2.1.2.1 *Uniform Corrosion*

Jenis korosi ini adalah bentuk yang sangat umum ditemukan dipermukaan logam karena kontak permukaannya yang luas maka interaksi dengan udara dan air sangat memudahkan untuk terjadinya proses korosi secara merata dipermukaan logam.



Gambar 2.3 Contoh tipe *Uniform Corrosion*

2.1.2.2 *Pitting Corrosion*

Jenis korosi ini adalah salah satu bentuk korosi yang paling agresif dan sangat susah untuk ditemukan. Proses korosi ini terjadi hanya pada lokasi tertentu saja dititik area anoda atau katoda yang membentuk sel korosi dengan permukaan sekitarnya. Kejadian korosi ini dapat menyebabkan lubang pada bidang material yang biasanya terpenetrasi secara vertikal kebawah pada permukaan logam. *Pitting corrosion* dapat disebabkan oleh kerusakan pada lapisan cat atau komposisi material logam yang tidak seragam. Bentuk ini sangat berbahaya karena kegagalan struktur dapat terjadi meskipun kehilangan logam tidak terlalu banyak.



Gambar 2.4 Contoh *Pitting Corrosion*

2.1.2.3 *Crevice Corrosion*

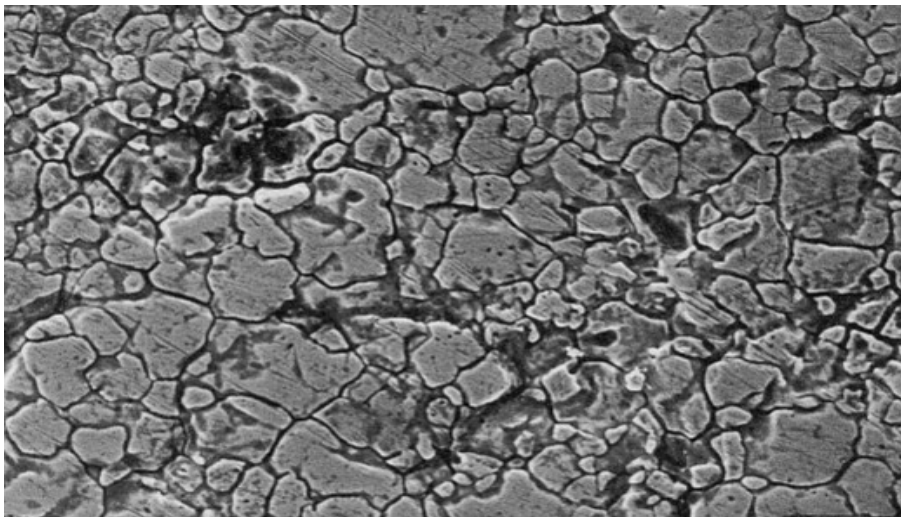
Jenis korosi ini terjadi terhadap area yang kadar oksigen sangat terbatas seperti pada koneksi baut dan *washer*. Pada kondisi ini proses korosi terjadi akibat perbedaan konsentrasi ion pada dua komposisi logam yang berbeda. Kondisi lingkungan mikro yang stagnan menyebabkan sirkulasi oksigen yang terbatas pada dua permukaan logam yang memiliki perbedaan komposisi sehingga terjadi pergeseran pH menjauh dari kondisi netral. Ketidaksetimbangan pada komposisi material dan dikombinasikan dengan area yang terbatas menyebabkan proses korosi yang sangat cepat pada permukaan logam.



Gambar 2.5 Contoh tipe *Crevice Corrosion*

2.1.2.4 Intergranular Corrosion

Jenis korosi ini terjadi ketika adanya kotoran atau substansi asing yang ada pada komposisi logam pada saat pembentukan material logam. Korosi ini juga dapat terjadi karena kekurangan atau kelebihan komposisi logam pada saat pembentukan material. Tipe korosi ini dapat mempengaruhi properti mekanis dari material meskipun volume material tidak berubah.



Gambar 2.6 Contoh tipe Intergranular Corrosion

2.1.2.5 Stress Corrosion Cracking

Kondisi ini terjadi ketika proses korosi menyebabkan retakan pada permukaan logam yang menyebabkan kegagalan pada daktilitas logam ketika diberikan tegangan tarik khususnya ketika terpapar pada suhu yang tinggi.



Gambar 2.7 Contoh *Stress Corrosion Cracking*

2.1.2.6 Galvanic Corrosion

Jenis korosi ini terjadi ketika dua permukaan logam yang berbeda terpapar pada elektrolit yang sama (seperti contohnya air laut) atau pada kondisi logam terpapar dua jenis konsentrasi elektrolit yang tinggi. Pada kondisi ini proses korosi akan terjadi pada logam yang memiliki komposisi logam yang paling reaktif. Urutan seri galvanis menentukan jenis logam apa yang paling cepat terkorosi. Hal ini cukup penting untuk diketahui pada saat mendesain proteksi struktur dari serangan korosi.



Gambar 2.8 Contoh tipe *Galvanic Corrosion*

2.1.3 Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan material logam mengalami proses deteriorisasi disuatu lingkungan tertentu. Kecepatan deteriorisasi tergantung dari kondisi lingkungan, tipe material dan kondisi logam. Laju korosi dapat diinterpretasikan terhadap ketebalan atau kehilangan berat akibat proses korosi yang terjadi pada permukaan logam. Laju korosi dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$R = \frac{d}{t} \quad (2.1)$$

Dimana:

R : laju korosi (g/m^2)

d : Total kehilangan

t : waktu dalam tahun

Metode pengukuran laju korosi dilakukan dengan pengetesan sampel pelat besi dilingkungan tertentu dalam durasi yang telah ditentukan. Proses pengukuran dilakukan pada sampel pelat besi yang telah dibersihkan dan kemudian membandingkan perbedaan berat setelah pelat terekspos udara dilingkungan tersebut dalam durasi waktu yang telah ditentukan.

2.1.4 Sisa umur rencana

Dalam mendesain suatu asset, tim insinyur harus selalu mempertimbangkan umur desain dan umur fungsional aset agar performa dari bangunan selama umur rencana dapat bekerja sesuai dengan kapasitas nominal atau desain tanpa ada intervensi *maintenance* yang signifikan terhadap asset tersebut. Proses deteriorisasi akibat korosi adalah salah satu hal yang menjadi perhatian dalam perancangan struktur karena dapat berdampak langsung ke integritas member struktur. Efek korosi pada sebuah member struktur baja dapat menurunkan ketebalan nominal member tersebut, yang

menyebabkan luas penampang struktur menjadi lebih kecil dari luas design. Akibat kejadian ini kapasitas daya dukung dari member tersebut akan berkurang terhadap gaya tarik, tekan, atau momen akibat beban yang diterima dari struktur baja tersebut.

Perhitungan sisa umur rencana dapat di tuliskan sebagai berikut:

$$RL = \left(\frac{t_s - t_c}{CR} \right) \quad (2.2)$$

Dimana:

t_s = Tebal actual

t_c = Tebal Minimum ($\geq 75\%$ dari ketebalan nominal)

CR = Laju Korosi

2.2 Coating Protection

Hal yang paling fundamental dalam proses terjadinya korosi pada struktur baja adalah kehadiran air dan oksigen. Dengan adanya dua hal ini dan tanpa sistem pelindung yang baik maka sangat sulit untuk menghindari proses korosi pada struktur baja. Oleh karena hal tersebut, aplikasi sistem pelindung harus secara merata di lakukan kepermukaan struktur baja untuk menghindari reaksi reduksi yang mengakibatkan terjadinya proses korosi.

Hal pertama yang harus di perhatikan dalam aplikasi proses sistem pelindung ini adalah persiapan permukaan baja. Proses awal ini adalah penentuan bagus tidaknya aplikasi system proteksi ini. Untuk memastikan tingkat adhesi dari lapisan pelindung ini, aplikator harus permukaan baja bersih dari kotoran, debu yang akan mempengaruhi performa dari lapisan pelindung ini. Aplikator juga perlu menghindari adanya air pada permukaan baja pada saat aplikasi lapisan ini karena air dapat mempercepat proses deteriorisasi lapisan cat dan permukaan baja di area yang terekspos oleh kelembapan.

Cat adalah material yang paling umum digunakan untuk memproteksi struktur baja, aplikasi cat dapat secara ekstensif digunakan pada permukaan baja dengan rentang yang sangat luas. Saat ini spesifikasi cat telah berkembang dengan pesat namun keuntungan dari pengembangan ini hanya dapat tercapai dengan memperhatikan secara seksama faktor-faktor seperti persiapan permukaan, pemilihan cat yang sesuai dengan kondisi yang ada dan aplikasi pengecatan yang benar.



Gambar 2.9 Proses *Sandblasting* yang dilakukan di bengkel kerja

Untuk pekerjaan struktur baja, ketebalan cat sangat penting untuk memastikan perlindungan dapat berlaku dalam rentang waktu yang lama. Proses aplikasi yang paling ideal untuk pekerjaan pengecatan adalah dilakukan pada fasilitas bengkel tertutup sebelum dibawa ke lapangan untuk pekerjaan installasi. Hal ini dikarenakan sulitnya untuk menjaga permukaan baja dapat bersih sebelum aplikasi pengecatan dilakukan. Namun demikian tetap ada keuntungan dan kerugian dalam proses ini. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Keuntungan dan kerugian aplikasi sistem proteksi pelindung (cat) di *workshop*

Keuntungan	Kerugian
Kontrol aplikasi yang baik	Keterbatasan ruang
Temperatur yang terkontrol	Kerusakan pada saat proses transportasi dan pengangkatan
Kelembapan relatif yang terkontrol	Waktu maksimum <i>overcoating</i> dapat terlewati
Mudah untuk memperbaiki kerusakan	Kemungkinan kontaminasi pada lapisan akhir
Hasil proses <i>coating</i> dapat lebih banyak	
Kontrol terhadap sisa dan polusi yang lebih baik	

Salah satu referensi yang luas digunakan pada aplikasi sistem pengecatan adalah standard ISO 12944, standard ini mengklasifikasikan durabilitas cat berdasarkan tipe lingkungan dan kategori korosi. Standard ini juga memberikan indikasi umur rencana dari sistem lapisan pelindung untuk setiap lingkungannya.

Tabel 2.4 Indikasi umur rencana sistem proteksi lapisan struktur baja

Low (L)	2 tahun hingga 5 tahun
Medium (M)	5 tahun hingga 15 tahun
High (H)	Lebih dari 15 tahun

Meskipun demikian rentang durabilitas tidak memberikan jaminan waktu. Durabilitas dalam hal ini hanya memberikan pertimbangan teknis yang dapat membantu untuk tim perawatan untuk mempersiapkan program perawatan. Ada

beberapa hal yang mempengaruhi durabilitas dari lapisan pelindung ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Tipe cat
2. Desain dari struktur
3. Kondisi permukaan sebelum preparasi
4. Kualitas pengerjaan permukaan baja
5. Kondisi sambungan, tepi, dan area pengelasan sebelum persiapan
6. Standar aplikasi
7. Kondisi pada saat aplikasi
8. Eksposur setelah proses aplikasi

2.2.1 Sistem Perlindungan menggunakan Cat

Sistem perlindungan cat konvensional terdiri dari tiga komponen yaitu primer, *intermediate*, dan lapisan atas (*top coat*). Masing-masing dari lapisan dapat terdiri dari komponen dan tipe pengikat yang berbeda-beda yang bertujuan mendapatkan hasil yang maksimal untuk sistem proteksi lapisan pelindung.

2.2.1.1 Lapisan Primer

Lapisan primer diaplikasikan langsung terhadap permukaan baja dengan tujuan untuk memberikan ikatan yang baik kepermukaan baja. pada dasarnya ada dua tipe dasar untuk lapisan primer ini yaitu sebagai berikut:

1. Lapisan primer yang terbuat dari elemen metal anoda terhadap baja, hal ini bertujuan jika terjadi kerusakan pada lapisan cat dan membuat lapisan permukaan baja terekspos maka komponen metal anoda didalam lapisan primer akan menjadi elemen yang dikorbankan untuk melindungi material baja. hal ini cukup efektif untuk menghentikan proses dibawah lapisan primer hingga elemen metal anoda ini tidak mampu lagi.

2. Lapisan primer yang mengandalkan pada kekuatan adhesi dan tahan terhadap zat kimia. Hal ini bertujuan untuk memberikan kerekatan yang optimal dan dengan kandungan elemen didalamnya yang dapat memutus terjadinya proses korosi

2.2.1.2 Lapisan *Intermediate*

Lapisan *intermediate* diaplikasikan untuk memenuhi kebutuhan total tebal lapisan karena lapisan *intermediate* khusus didesain untuk meningkatkan perlindungan total dan menurunkan *permeability* terhadap oksigen dan air. Penambahan lapisan pada pigmen seperti besi oksida dapat menurunkan penetrasi kelembapan dan meningkatkan kuat tarik. Lapisan *intermediate* harus sesuai dengan lapisan bagian atas (*top coat*).

2.2.1.3 Lapisan Atas (*Top Coat*)

Lapisan atas berfungsi untuk daya tahan permukaan terhadap system. Lapisan ini berfungsi sebagai perlindungan pertama terhadap cuaca dan sinar matahari, kondensasi, zat kimia, abrasi, beban kejut, bakteri dan jamur.

2.2.2 Kegagalan Sistem Perlindungan pada Cat

Pada proses pembentukan lapisan film cat, perubahan wujud terjadi dari bentuk cair menjadi padat. Lapisan ini dapat memberikan perlindungan optimum pada material baja terhadap penetrasi air dan udara. Pada proses aplikasi cat, hasil akhir yang perlu diperhatikan adalah permukaan yang mulus tanpa adanya retakan, lubang, dan lainnya. Hal tersebut harus dihindari agar permukaan cat tidak mudah dipenetrasi oleh air dan kotoran yang dapat merusak lapisan cat. Diperlukan investasi waktu dan uang untuk melakukan perbaikan kerusakan ini namun jika tipe kerusakan dapat segera diidentifikasi dan dimengerti maka akan lebih mudah untuk menangani kerusakan yang ada. Berikut dibawah adalah tipe kerusakan cat yang biasa ditemukan dalam proses aplikasinya:

Tabel 2.5 Tipe kegagalan pada aplikasi *coating protection*

Coating Defects	Coating Defects
Abrasion	Grinning
Adhesion failure	Heat Damage
Aligating	Impact Damage
Bleeding	Intercoat Contamination
Blistering	Mud Cracking
Bridging	Orange Peeling
Bloom	Peeling
Bubbling	Pinholes
Cathodic Disbanding	Rippled Coatings
Checking	Runs
Chalking	Rust rashing
Cowebbing	Rust Spotting
Cissing	Rust Staining
Cracking	Sags
Cratering	Solvent Lifting
Crazing	Solvent Popping
Crowsfooting	Stress Cracking
Delamination	Undercutting
Fading	Wrinkling
Flaking	

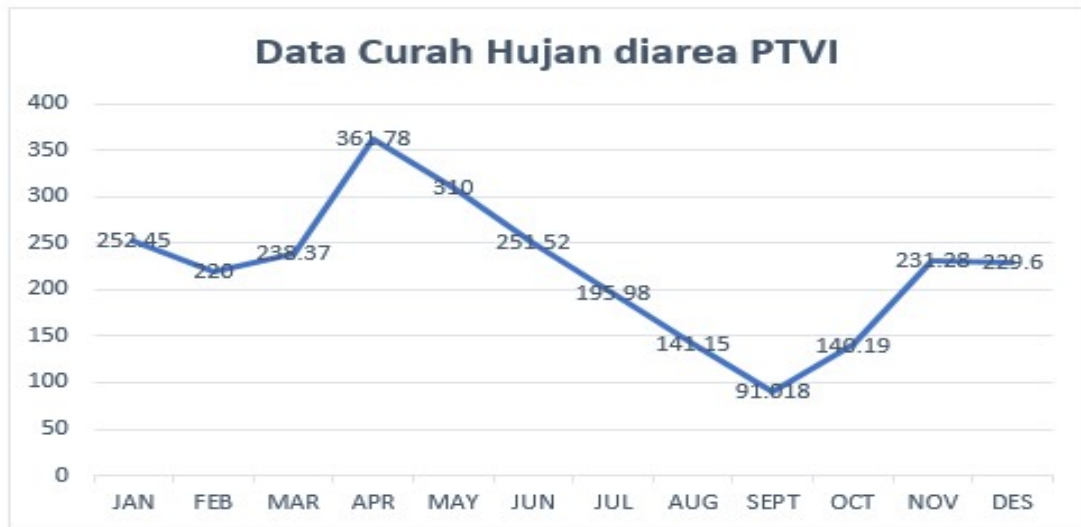
2.3 PTVI *Asset Integrity* Proyek

Asset integrity adalah bagian dari *Asset Management Framework* (AMF) yang berfokus pada penilaian performa asset sesuai dengan umur fungsi dari asset yang ada di PTVI. Hal yang dilakukan untuk menilai performa asset yang dilakukan dengan mengidentifikasi kontrol strategi asset dan kondisi asset terkini, termasuk resiko yang dapat mengganggu performa asset. Dengan analisa tersebut pihak management PTVI dapat menentukan strategi kontrol yang tepat sesuai dengan resiko yang ada. Proses ini mencakup semua aspek teknis dan manajemen yang ada untuk memastikan asset dapat dapat dioperasikan dengan aman, andal, dan dengan baya yang efektif. Oleh karena itu

pengambilan data dan pengolahan data harus dilakukan keseluruhan asset yang ada di PTVI dengan tujuan untuk mengelola resiko asset hingga ke tingkat yang dapat diterima.

Dalam pelaksanaan proyek *Asset Integrity*, langkah awal dimulai dengan proses *assessment* yang bertujuan untuk melakukan analisa kuantitatif untuk menentukan integritas dan sisa masa pakai komponen struktural yang mengalami degradasi atau memiliki cacat. Proses ini menggunakan perhitungan mekanis dan analisis metalurgi yang hasilnya digunakan untuk mengatur rencana inspeksi, pemeliharaan, dan perbaikan (*run-repair-replace*).

Inspeksi korosi dilakukan di area *process plant* dan area tambang PTVI Sorowako, lokasi ini memiliki intensitas curah hujan yang relatif tinggi meskipun pada musim kemarau (bulan juli hingga oktober).



Gambar 2.10 Data curah hujan di area Plant Site PTVI (rata-rata 10 tahun terakhir)

Dengan rata-rata pengukuran pH dikisaran 5.8, hasil ini mengindikasikan tingkat korosi yang cukup moderat dan dengan kadar tanah yang cukup korosif

(tahanan tanah direntang 2763ohm-cm hingga 2135 ohm-cm, untuk setiap spasi 100cm dengan menggunakan metode Wenner)

Berdasarkan observasi dilapangan, bentuk korosi secara umum yang terjadi di asset PTVI adalah *Uniform Corrosion* (korosi merata dipermukaan), *Pitting Corrosion* (Korosi yang berbentuk lubang), *Lamellar Corrosion* (korosi yang berbentuk lapisan). Namun terdapat juga jenis korosi dan anomali yang lain ditemukan pada proses observasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Tipe anomali hasil pemeriksaan visual dalam proyek *Asset Integrity Assessment (Final Report Asset Integrity Assessment, 2012)*

No	Corrosion Data (Visually Corrosion anomalies type)	No	Corrosion Data (Visually Corrosion anomalies type)
1	General Corrosion	18	Structure-to-water contact
2	Pitting Corrosion	19	Structure-to-soil contact
3	Crevice Corrosion	20	Bending
4	Crack	21	Lost Bolt/Nuts
5	Fatigue Corrosion	22	Broken Bolt/Nuts
6	Lamellar Corrosion	23	No Barrier on mechanical joints
7	Ruptured parts/Broken/Hole parts	24	Stagnant water
8	Bimetallic Corrosion	25	Long Time-of-wetting (TOW)
9	Corrosion at Weldment	26	Exposed of hot Gas
10	Corrosion at HAZ location	27	Exposed to Gas Sulphur
11	Corrosion on edge Location	28	Affected by Vibration
12	Corrosion on Bolt & Nuts	29	Stress concentration in certain location
13	Corrosion around Bolts and Nuts	30	delamination of coating
14	Improper Construction design	31	Coating damage - Flaking
15	Accumulation of water	32	Coating damage - pin point rusting
16	Accumulation of Dirt/Dust	33	Coating damage - undercut
17	Accumulation of soil spill	34	Concrete damage/exposed steel rebar of a reinforced concrete

Berdasarkan pengamatan kejadian korosi diatas lebih banyak disebabkan oleh:

1. Gas Buang Sulphur
2. Proses pengecatan yang tidak tepat
3. Tidak bersih
4. Beban stress
5. Pembersihan yang tidak selesai
6. Interaksi dengan bahan logam yang lain tanpa ada pembatas
7. Perubahan lingkungan

Beberapa akselerator juga turut andil dalam terjadinya proses korosi, seperti lama waktu terekspos oleh air seperti yang terdapat pada kolam pengolahan, tangki reservoir air, dan akumulasi debu pada struktur dalam periode waktu yang lama.

Dalam kasus *Asset Integrity* diPTVI, sebagian besar asset telah berdiri lebih dari 30 tahun, dan pada kondisi saat ini banyak ditemukan asset dengan tingkat korosi yang sangat parah. Berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya laju korosi pada struktur yang berbeda-beda untuk masing masing area. Hal ini akan menjadi input bagi persiapan data untuk analisa lebih lanjut

Tabel 2.7 Laju Korosi berdasarkan hasil assessment tahun 2012(*Final Report Asset Integrity Assessment, 2012*)

No	Area Description	Corrosion Range (mm/year)	Corrosion Rate (mm/year)
1	Dryer	0.381 - 0.001	0.1140
2	KILN	0.367 - 0.001	0.1100
3	Furnace	0.415 - 0.005	0.1260
4	Converter	0.434 - 0.005	0.1370
5	Screening Station	0.223 - 0.004	0.0640

2.4 Data Mining

Data mining adalah rangkaian aktifitas pengumpulan, penggunaan dan memproses data hitoris untuk melihat pola dan hubungan data dalam satu set ukuran

data yang berskala besar. Dalam proses ini, pengolahan data menggunakan teknik statistik dan matematika untuk mengekstraksi dan mengidentifikasi data untuk memberikan informasi. *Data mining* adalah bagian dari *knowledge in database* (KDD) yang memiliki tahapan seperti pemilihan data, *preprocessing*, transformasi, *data mining*, dan evaluasi hasil. Hasil dari *data mining* ini digunakan untuk membantu menentukan pengambilan keputusan dan kebijakan. Ada empat kelompok pekerjaan yang berkaitan dengan *data mining* yaitu:

1. Model Prediksi (*Prediction Modelling*)

Model prediksi adalah proses yang menggunakan *data mining* dan probabilitas untuk melakukan prediksi hasil. Setiap model terbuat dari beberapa variabel yang dapat mempengaruhi hasil prediksi. Setelah data terkumpul maka formulasi untuk pemodelan statistik dapat dilakukan menggunakan persamaan *simple linear* hingga *complex neural network*. Dengan bertambahnya data maka hasil statistik akan semakin baik memberikan hasil prediksi.

2. Analisa Kelompok (*Cluster Analysis*)

Analisa kelompok yang biasa juga disebut sebagai analisa klasifikasi atau taksonomi numerik adalah teknik yang digunakan untuk mengklasifikasikan objek atau kasus kedalam grup relatif yang dinamakan sebagai kelompok. Analisa ini melibatkan formulasi masalah, pemilihan pengukuran jarak, pemilihan prosedur kelompok, penentuan jumlah kelompok, melakukan analisa kelompok dan menentukan validitas kelompok.

3. Analisa Asosiasi (*Association Analysis*)

Analisa asosiasi digunakan untuk menemukan pola yang menggambarkan kekuatan hubungan fitur dalam data dengan tujuan untuk merepresentasikan bentuk aturan guna menemukan pola yang menarik dengan cara yang efisien.

4. Deteksi Anomali (*Anomaly Detection*)

Deteksi anomali berkaitan dengan pengamatan sebuah data dari sejumlah data yang secara signifikan mempunyai karakteristik yang berbeda dari data yang lain. Data-data yang karakteristiknya menyimpang dari data yang lain disebut *outliner*

Dalam pengumpulan data lapangan, berbagai macam informasi yang didapat dikelompokkan menjadi variabel. Tipe variabel dapat dibagi sebagai contoh dibawah:

1. Variabel Independen : Variabel yang tidak mengalami perubahan dalam proses penelitian
2. Variabel Dependen : Variabel yang dapat mengalami perubahan, biasanya digunakan sebagai subyek dari penelitian.
3. Variabel Kontrol : Variabel dalam penelitian yang bersifat konstan
4. Variabel *Categorical*: Variabel yang dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori
5. Variabel *Continuous* : Variabel yang memiliki angka yang tidak terbatas

2.4.1 Tahapan *data Mining*

Sebelum melakukan proses data menggunakan teknik *data mining*, data harus dipersiapkan terlebih dahulu dalam rangkaian proses *data mining*. Urutan rangkaian proses tersebut sebagai berikut:

1. Pembersihan Data

Ketika pengumpulan data dari beberapa sumber dilakukan ada kemungkinan terdapat atribut data yang tidak sesuai dengan tujuan *data mining* yang ingin kita capai oleh karena itu data-data tersebut sebaiknya dibuang untuk menghindari data yang tidak konsisten dan noise pada data yang akan diolah

2. Integrasi Data

Integrasi berfungsi untuk menggabungkan data yang lebih dari satu untuk mempermudah proses analisis. Hal ini bertujuan untuk menggabungkan data ke dalam satu tempat penyimpanan kemudian data akan diproses lebih lanjut.

3. Transformasi Data

Dalam tahapan ini data yang telah dikumpulkan akan digabung dalam format yang sesuai dengan kebutuhan pengolahan data dan selanjutnya akan diproses dalam *data mining*. Dengan teknik *data mining*, maka proses ini dapat memberikan karakteristik pada data sehingga memudahkan untuk melakukan proses analisa lebih lanjut

4. Proses *Data Mining*

Tahapan adalah fase yang sangat penting karena hasil data yang telah diproses menggunakan metode atau algoritma tertentu dapat dipresentasikan. Dengan penerapan teknik tertentu informasi yang tersembunyi dapat ditemukan untuk kemudian hasil tersebut dapat dilanjutkan untuk proses evaluasi akhir.

5. Evaluasi Pola

Dalam tahapan ini hasil proses *data mining* dievaluasi untuk menilai apakah asumsi atau hipotesa yang ditentukan dapat tercapai. Dalam fase ini ada kemungkinan hasil yang diinginkan tidak sesuai dengan hipotesa, meskipun begitu ada beberapa opsi yang dapat digunakan seperti: menggunakan data tersebut sebagai umpan balik terhadap proses yang ada, memperbaiki proses *data mining* atau menelaah aplikasi teknik *data mining* yang lain.

6. Informasi dan Pengetahuan

Tahapan ini adalah fase data yang telah diolah kemudian divisualisasikan untuk memberikan informasi yang berguna bagi pengguna (*user*). Proses visualisasi ini penting untuk memberikan informasi kepada pengguna yang meskipun tidak mengetahui konsep dari *data mining* namun informasi tersebut dapat dimengerti dan tersampaikan dengan baik.

2.4.2 Uji Hipotesis

Uji hipotesis adalah tes statistik terhadap pernyataan atau dugaan mengenai terhadap satu atau lebih populasi parameter. Untuk mengetahui benar tidaknya suatu dugaan maka harus dibuktikan dengan pemeriksaan populasi yang ada. Apabila cakupan populasi sangat banyak maka tentunya proses yang dilakukan akan sangat lama dan dapat membutuhkan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu, pengambilan sampel dari populasi secara acak dapat dilakukan dan hasil yang didapat dari pengukuran tersebut dapat digunakan untuk memutuskan apakah hipotesis tersebut diterima atau tidak. Bukti yang tidak konsisten dengan hipotesis akan dinyatakan sebagai penolakan terhadap hipotesis awal (*Alternative Hypotesis*) dan bukti yang mendukung akan membawa pada penerimaan hipotesis tersebut (*Null Hypotesis*). Semua tes dalam uji hipotesis akan menghasilkan level signifikansi terhadap tes tersebut.

Persamaan *Null Hypotesis*:

$$H_0 : \mu = 0 \quad (2.3)$$

Persamaan *Alternative Hypotesis*:

$$H_1 : \mu \neq 0 \quad (2.4)$$

Rentang *significance level (P)* secara umum dapat menggunakan 0,05. Hal ini berarti hasil studi memiliki probabilitas dapat diterima hingga 95%. Semakin kecil *Significance level* maka *confidence level* akan semakin baik. Nilai *Confidence level*

(c) dibangun dari rentang data sampel untuk menunjukkan parameter populasi yang sedang diobservasi. Korelasi kedua nilai tersebut dapat dituliskan dalam formula sebagai berikut:

$$c = 100 \times (1 - \alpha)$$

Dimana:

c = Nilai confidence level (%)

α = *Level of significance*

Uji Hypothesis dapat dilakukan dengan dua metode yaitu:

- a. Uji *Hypothesis* satu sisi (*One Tail*)
- b. Uji *Hypothesis* dua sisi (*Two tail*)

Langkah uji *hypothesis* terdiri dari 4 langkah sebagai berikut:

1. Formulasikan *Null hypothesis* H_0 dan *Alternatif hypothesis* H_1
2. Identifikasi tes statistik yang dapat digunakan untuk membuktikan *Null hypothesis*
3. Tentukan nilai *P-Value* yang merupakan probabilitas dari suatu tes statistik yang setidaknya sama signifikansinya dengan parameter yang sedang diobservasi dengan asumsi *Null hypothesis* adalah benar. Semakin kecil nilai *P-Value* maka *Null hypothesis* tidak dapat diterima.
4. Bandingkan *P-Value* terhadap nilai signifikan α yang dapat diterima. Jika $P \leq \alpha$ maka *Null hypothesis* tidak dapat diterima.

2.4.3 Analisa Korelasi

Correlation berasal dari kata *Co-* (bersama) dan *Relation* (Hubungan). Uji Analisa korelasi adalah metode statistik untuk melakukan evaluasi kekuatan relasi antara dua atau lebih variable pada periode waktu tertentu secara langsung atau tidak langsung. Dalam proses pengambilan data dilapangan; varibel yang diperoleh dapat

bervariasi. Semakin kuat relasi antara variabel tersebut maka semakin kuat pengaruh antara data statistik terhadap dua variabel atau lebih begitupula sebaliknya. Hal ini bertujuan untuk melihat kekuatan hubungan antara variabel dari data statistik yang ada. Teknik ini terhubung pada regresi linier yang merupakan pendekatan statistik yang terasosiasi antara variabel dependen dan variabel independen.

- *Pearson “r” Correlation* adalah metode yang digunakan secara luas untuk melakukan pengukuran korelasi statistik data antara variabel yang terhubung secara linear. Formula yang digunakan untuk menghitung korelasi pearson adalah sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}} \quad (2.5)$$

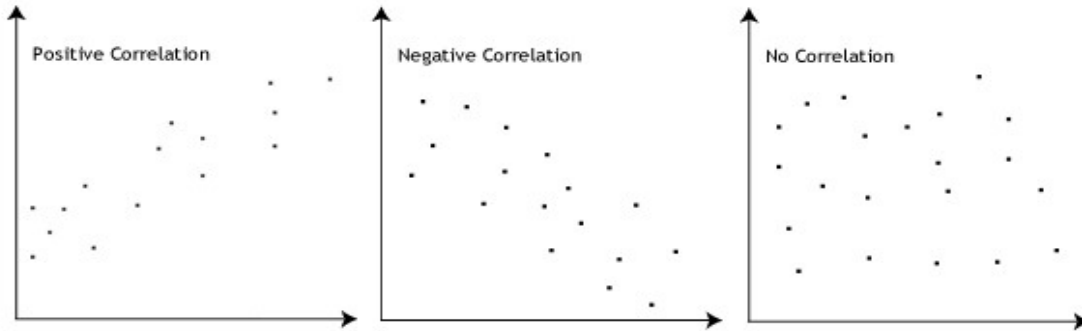
Dimana:

- r_{xy} = Nilai koef. Korelasi Pearson r antara x dan y
- n = Jumlah observasi
- x_i = Nilai x (pada observasi ke- i)
- y_i = Nilai y (pada observasi ke- i)

Nilai r memiliki rentang dari $+1 \geq 0 \geq -1$. Analisa Korelasi menghasilkan hasil akhir sebagai berikut:

- *Positif Correlation*: ketika dua variabel bergerak secara bersamaan dan kenaikan satu variabel diiringi juga dengan naiknya variabel yang lain seperti pada gambar 2.11 dibawah maka hal ini disebut sebagai korelasi positif dengan nilai r mendekati +1
- *Negative Correlation*: ketika dua variabel bergerak secara bersamaan dan kenaikan satu variabel secara berlawanan diiringi dengan turunnya variabel yang lain seperti pada Gambar 2.11 dibawah maka hal ini disebut sebagai korelasi negative dengan nilai r mendekati -1

- *No Correlation*: ketika dua variabel tidak menunjukkan pola atau trend antara keduanya dengan nilai $r = 0$



Gambar 2.11 Diagram korelasi antara variabel

2.5 Forecasting

Forecasting adalah aktifitas untuk melakukan prediksi terhadap suatu kejadian dimasa depan dengan menggunakan data yang ada dimasa lampau. Proses peramalan menggunakan analisa terhadap data dari sebuah atau kumpulan variabel yang memiliki informasi dan korelasi yang dapat mempengaruhi hasil peramalan dimasa depan.

2.5.1 Prinsip Forecasting

Dalam proses *forecasting* ada 3 prinsip dasar yang harus diperhatikan. Prinsip tersebut sebagai berikut dibawah:

- Peramalan selalu mengandung *error*. Karena faktor ini maka hasil peramalan tidak bisa persis dengan kenyataan dilapangan meskipun parameter atau variabel ketidakpastian dapat dihilangkan namun tidak berarti kesalahan (*error*) dapat dihilangkan dari peramalan.
- Peramalan harus memakai ukuran dari *error* untuk mengetahui besarnya *error* yang terkandung dalam proses peramalan. Besar *error* dapat direpresentasikan dalam bentuk unit atau persentase.
- Peramalan jangka pendek lebih akurat dari jangka panjang

2.5.2 Prosedur *Forecasting*

Langkah awal dalam menjalankan proses *forecasting* adalah dengan mendefinisikan tujuan dari *forecasting*, mengumpulkan data kemudian membuat diagram pencar (*plot data*). Langkah selanjutnya adalah pemilihan model prosedur *forecasting*, setelah itu melihat *error* pada peramalan. Dengan demikian akan lebih mudah untuk melihat model mana yang paling tepat untuk melakukan *forecasting* dengan faktor *error* yang paling kecil. Hal yang paling terakhir adalah uji validitas untuk mengetahui keakuratan hasil *forecast* baik atau tidak.

2.5.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan teknik *Forecasting*

Forecasting digunakan untuk memberikan input kepada pengambil keputusan untuk mengambil keputusan dengan pertimbangan resiko yang mungkin muncul dalam suatu aktifitas tertentu. Oleh karena itu semakin besar usaha yang dilakukan maka resiko yang ada akan semakin kecil. Berikut adalah faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan teknik *forecasting*

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam peramalan adalah sebagai berikut:

1. Horizon Peramalan

Ada dua aspek horizon yang saling berhubungan dengan metode peramalan yaitu:

- a. Cakupan waktu dimasa datang
- b. Periode Peramalan

2. Tingkat Ketelitian

Tingkat ketelitian erat kaitannya dengan detail perincian hasil *forecasting*. Seperti contoh dalam penentuan level variasi *forecasting* dapat mempengaruhi level penerimaan terhadap hasil *forecasting*

3. Ketersediaan Data

Dengan adanya data yang melimpah, proses penyaringan data dapat menjadi lebih akurat. Informasi yang bisa didapatkan seperti pola musiman atau korelasi antara data yang saling mempengaruhi.

4. Bentuk Pola Data

Memahami bentuk pola data dapat memberikan informasi seperti tren yang berulang, kemungkinan untuk naik atau turun dapat diprediksi secara berkelanjutan. Sedangkan pada data yang lebih sedikit dengan fluktuasi yang tinggi mungkin diperlukan penyesuaian data sebelum diproses lebih lanjut.

5. Model *Forecasting*

Penentuan model *forecasting* harus dipastikan karena adanya kelebihan dan kekurangan dari satu metode dengan metode lainnya. Pemilihan metode harus menyesuaikan dengan objektif yang ada.

2.5.4 Model *Forecasting*

Peramalan berfungsi untuk menggambarkan keadaan masa depan akibat pengaruh variabel ada sehingga kita dapat melakukan strategi untuk melakukanantisipasi. Oleh karena itu pemilihan metode peramalan perlu dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang ada untuk melihat level akurasi hingga ke tingkat yang dapat diterima

Dengan banyaknya variabilitas dan kompleksitas dalam melakukan peramalan saat ini telah banyak metode peramalan yang telah dikembangkan. Setiap model memiliki kebutuhan yang khusus dan harus dipilih dengan teknik yang sesuai dengan aplikasinya. Pemahaman terhadap rentang peramalan dapat memberikan hasil yang menguntungkan dimasa depan.

Pemilihan metode sangat bergantung terhadap beberapa faktor seperti konteks dari peramalan, hubungan, ketersediaan data, tingkat keakuratan, periode waktu, nilai peramalan, dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan analisa.

Metode *forecasting* dapat dibedakan menjadi tiga metode yaitu sebagai berikut:

1. Metode Kualitatif: metode peramalan ini berdasarkan pada data kualitatif masa lalu, tanpa ada model matematika dan berdasarkan pada pemikiran yang bersifat intuisi, *judgement*, pendapat, pengetahuan dan pengalaman.

Teknik peramalan ini dapat berupa :

- *Delphi method* : kelompok panel yang terdiri dari ahli-ahli dan memiliki kemampuan menjawab pertanyaan. Informasi ini nantinya akan diolah untuk melakukan peramalan
- *Market Research* : prosedur yang sistematis, formal dalam menguji hipotesis tentang kondisi pasar saat ini
- *Panel Consensus* : Teknik yang berdasarkan asumsi dari beberapa ahli. Proses peramalan berdasarkan faktor sosial dan belum tentu merefleksikan konsensus yang sebenarnya
- *Visionary Forecast* : peramalan yang menggunakan pandangan seseorang, penilaian dan fakta skenario yang berbeda dimasa depan. Proses yang sangat subjektif dan imajinatif
- *Historical analogy* : Analisa komparasi terhadap produk yang baru diperkenalkan dan perkembangan produk yang sejenis yang menggunakan peramalan pada pola yang sama.

2. Metode *Time series*: metode peramalan yang aplikasinya menggunakan ketersediaan data historis disertai kaidah matematis untuk melakukan peramalan yang berfokus pada pola dan perubahannya. Metode ini terdiri dari :

- *Moving Average* : setiap titik dari moving average didalam rangkaian waktu adalah kumpulan angka/data yang menggunakan metode aritmatika dalam proses analisisnya dengan mengeliminasi efek musiman atau nilai yang *irreguler*.

- *Exponential Smoothing* : Teknik yang sama dengan moving average, kecuali pemberian beban pada poin data lebih dipertegas. Dalam metode ini data musiman juga diperhitungkan dalam perhitungan peramalan yang membuat peramalan menjadi serbaguna dari metode yang lain
 - *Box-jenkins* : *Exponential Smoothing* adalah salah satu kasus spesial dari *Box-Jenkins*. *Time series* disesuaikan dengan model matematika dengan *error* yang lebih kecil.
 - X-11 : Teknik ini menguraikan rangkaian data time series menjadi data musiman, trend berulang, dan elemen yang tidak teratur. Dalam melakukan proses peramalan perlu dilakukan analisa lebih lanjut dengan kombinasi dengan metode yang lain.
 - *Trend Projection* : Teknik ini mencocokkan garis trend ke persamaan matematika dan kemudian memproyeksikan pola kedepannya menggunakan persamaan tersebut.
3. Metode *Causal* : metode peramalan yang aplikasinya menggunakan data spesifik terhadap hubungan antara elemen peramalan. Dalam metode ini data historis sangat penting dalam melakukan peramalan. Metode ini sendiri dibagi menjadi beberapa model sebagai berikut:
- Model Regresi : metode ini menghubungkan variabel yang ada dan melakukan perhitungan dengan metode kuadrat terkecil. Hubungan secara umum dianalisa menggunakan statistik.
 - Model Ekonometrik : sistem yang menggunakan regresi interdependent yang menghubungkan variabel untuk beberapa sektor ekonomi atau keuntungan penjualan.
 - *Intention To Buy & Anticipation surveys* : Teknik ini menggunakan survey khalayak umum untuk menentukan minat melakukan pembelian.

Teknik ini lebih berguna untuk memberikan input dan peringatan kepada produsen.

- *Input-Output Model* : metode ini melakukan analisa hubungan yang melibatkan depertemen atau industri terkait. Penilaian pemodelan input harus menggambarkan hasil output dari suatu proses
- *Economic Input – Output Model* : Model ekonometrik dan *Input-Output* kadang dikombinasikan untuk melakukan *forecasting*. Model ini digunakan untuk melihat tren jangka panjang pada model ekonometrik dan juga dapat berguna untuk menstabilkan model tersebut.

2.5.5 Metode Regresi

Regresi adalah metode dalam statistik untuk melakukan analisa hubungan antara respon variabel y terhadap satu variabel x . Dengan demikian jika mengetahui persamaan antara nilai x dan y maka kita dapat mengetahui respon y (*dependent variables*) dimasa depan jika mengetahui nilai x (*independent variables*), hal ini dapat dilakukan untuk tujuan melakukan perkiraan dan *forecasting*. Dalam melakukan metode regresi; proses dilakukan dengan membuat pola garis menggunakan data observasi yang cocok dengan semua data yang dimiliki. Jika dalam proses *plotting* terdapat observasi data yang dekat dengan garis regresi maka data tersebut memiliki nilai *error* yang kecil dan sebaliknya jika jarak antara garis regresi dan plot data semakin jauh maka nilai *error* akan semakin besar.

Secara umum fungsi regresi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_i = f(X_i, \beta) + e_i \quad (2.6)$$

Dimana:

Y_i : Variable dependen yang menjadi subjek observasi

$f(X_i, \beta)$: Fungsi hubungan antara variabel independent pada populasi yang diobservasi

X_i : Variabel Independen

e_i : Random *error* atau residual

2.5.5.1 Tipe Regresi

Penggunaan garis regresi dapat memberikan input prediksi yang semakin baik terhadap data yang sedang diobservasi. Metode regresi memiliki 2 tipe sebagai berikut:

1. Regresi Linier

Regresi linier adalah metode yang melakukan pendekatan antara dua variabel dengan cara memasukkan persamaan linear pada data yang diobservasi. Sebelum melakukan pemodelan linear perlu dilakukan pengujian korelasi terlebih dahulu antara variabel yang akan diobservasi. Hal ini bertujuan untuk melihat hubungan signifikan antara dua variabel.

Persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$Y = a + bX \quad (2.6)$$

Dimana:

Y : Variabel *dependent*

a : *Intercept*

b : *Slope line*

X : Variabel *Explanatory*

- Metode Kuadrat Terkecil (*Least-square regression*)

Metode yang paling umum untuk menentukan garis regresi yang paling cocok dengan data observasi adalah dengan metode *least-square*. Metode ini menghitung garis yang paling cocok untuk data yang diobservasi dengan cara meminimalkan jumlah pangkat dua deviasi vertikal dari tiap data ke persamaan garis regresi. Persamaan

untuk metode ini dapat merujuk ke persamaan 2.6. untuk nilai a dan b dapat dicari dengan menggunakan nilai berikut:

- Metode titik tengah: dalam metode ini jumlah skala X harus sama dengan nol, sehingga nilai a dan b sebagai berikut:

$$a = \bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad (2.8)$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i^2} \quad (2.9)$$

Dimana:

Y: Variabel dependent

n : Jumlah data

X: Variabel *Explanatory*

- Metode nol bebas: pada metode nol bebas, skala X adalah bebas dan ditetapkan pada suatu waktu dalam suatu periode

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.10)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (2.11)$$

Dimana:

Y : Variabel *dependent*

n : Jumlah data

X : Variabel *Explanatory*

2. *Multiple Regression*

Regresi berganda adalah model regresi yang memiliki lebih dari satu variabel bebas/independen. Karena memiliki lebih dari satu variabel bebas maka persamaan untuk regresi berganda ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{1i} + \beta_2 \cdot X_{2i} + e \quad (2.12)$$

Dimana:

Y_i : Variabel Dependen

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$: Variabel Koefisien

X_{1i}, X_{2i} : Variabel bebas

e : Variabel *Error*

Tahapan dalam pengerjaan regresi berganda adalah sebagai berikut:

1. Mencari nilai $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ dengan menggunakan persamaan dibawah:

$$\widehat{\beta}_0 = \bar{Y} - \widehat{\beta}_1 \cdot \overline{X_{1i}} - \widehat{\beta}_2 \cdot \overline{X_{2i}} \quad (2.13)$$

$$\widehat{\beta}_1 = \frac{(\sum x_{1i} \cdot y_i) \cdot (\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{2i} \cdot y_i) \cdot (\sum x_{1i} \cdot x_{2i})}{(\sum x_{1i}^2)(\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{1i} \cdot x_{2i})^2} \quad (2.14)$$

$$\widehat{\beta}_2 = \frac{(\sum x_{2i} \cdot y_i) \cdot (\sum x_{1i}^2) - (\sum x_{1i} \cdot y_i) \cdot (\sum x_{1i} \cdot x_{2i})}{(\sum x_{1i}^2)(\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{1i} \cdot x_{2i})^2} \quad (2.15)$$

Dimana :

$$x_i = X_i - \bar{X}$$

$$y_i = Y_i - \bar{Y}$$

\bar{X} dan \bar{Y} adalah nilai rata-rata (average)

2. Mencari nilai korelasi secara simultan (R) dengan persamaan berikut:

$$R = \sqrt{\frac{\beta_1 \sum x_1 y + \beta_2 \sum x_2 y + \dots + \beta_n \sum x_n y}{\sum y^2}} \quad (2.16)$$

2.5.5.2 Koefisien determinasi (R^2)

Koefisien determinasi digunakan untuk memberikan penjelasan seberapa berbedanya suatu variabel dependen terhadap variabel independen terhadap garis regresi yang terbentuk dari hubungan variabel yang diamati. Koefisien determinasi dapat dinyatakan dalam bentuk persentase. Semakin tinggi persentasenya maka ini menunjukkan observasi yang dilakukan semakin baik. Rumus untuk persamaan koefisien determinasi sebagai berikut:

Untuk regresi sederhana:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum ei^2}{\sum(Yi-\bar{Y})^2} \quad (2.17)$$

Untuk regresi berganda:

$$R^2 = 1 - \frac{(\sum ei^2)/(n-k)}{\sum(Yi-\bar{Y})^2/(n-1)} \quad (2.18)$$

Dimana:

k = Jumlah variabel independen, termasuk intesep atau konstanta β_0

n = banyaknya data

Dalam melakukan analisa koefisien determinasi perlu diperhatikan juga mengenai sebaran *plot residual* dari masing masing variabel yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk melakukan validasi terhadap hasil dari koefisien determinasi. Hasil koefisien determinasi dinyatakan dalam bentuk persentase. Semakin tinggi persentasenya maka variabel yang digunakan dalam persamaan regresi dapat menjelaskan variansi data persamaan regresi dengan baik terhadap konsistensi *error* yang diobservasi. Namun *residual plot* dapat memberikan informasi apakah sebaran data yang digunakan memasuki kriteria bagus atau tidak. Hal yang perlu diperhatikan dalam *residual plot* adalah :

1. *Residual plot* tidak boleh dikorelasikan dengan variabel lain yang tidak ada dalam model regresi

2. Residual yang berdekatan tidak boleh dikorelasikan dengan sesamanya.

Dengan demikian jika ternyata dalam *residual plot* ditemukan adanya keanehan dalam pemodelannya maka kemungkinan data tersebut tidak layak untuk digunakan dalam pemodelan regresi dan memberikan kesempatan untuk memperbaiki model yang ada.

2.5.6 ANOVA

ANOVA adalah singkatan dari *Analysis Of Variance* yang merupakan metode statistik dan digunakan untuk mendeteksi perbedaan dalam grup eksperimen. ANOVA dibuat secara matematis berdasarkan persamaan regresi linier dan model linier umum yang melipatgandakan hubungan antara variabel dependen dan variabel independen dengan tujuan untuk melihat hasil tes signifikan dalam uji hipotesis.

Dalam melakukan uji test ANOVA ada dua tipe test yang dapat dilakukan sebagai berikut:

- *One-Way* ANOVA: Adalah test yang digunakan terhadap dua grup untuk melihat adanya perbedaan antara keduanya. Test ini digunakan untuk melakukan komparasi dari dua rata-rata dari dua variabel menggunakan distribusi-*F*. *Null Hypotesis* dari test ini menyatakan bahwa kedua rata-rata dari grup tersebut adalah sama. Oleh karena itu hasil signifikan berarti kedua rata-rata tersebut tidak sama.

Hasil dari test ini akan memberi informasi bahwa satu grup dapat berbeda dari yang lain namun tidak dapat memberi informasi grup mana yang

berbeda. Untuk melakukan identifikasi tersebut maka perlu dilakukan test seperti test signifikan terkecil.

- *Two-Way* ANOVA: Metode yang merupakan perpanjangan dari *One Way* ANOVA, perbedaan antara keduanya adalah jumlah variabel independen. Untuk metode *One Way* memiliki hanya satu variabel independent yang mempengaruhi variabel dependen. Namun untuk *Two Way* memiliki dua variabel independen yang mempengaruhi variabel dependen. Dalam dalam prosesnya *Two Way* ANOVA dapat dilakukan dengan dua cara sebagai berikut:

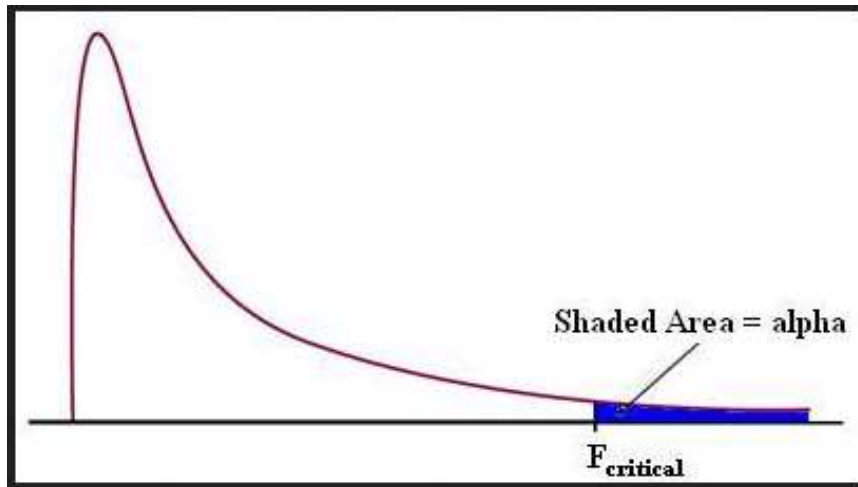
- *Two Way* ANOVA (tanpa pengulangan): Adalah test yang digunakan pada satu grup yang sama dengan pengulangan untuk melihat perbedaan yang terjadi seperti contoh pengetesan individu dalam menggunakan pengobatan tradisional untuk melihat apakah ada perubahan yang lebih baik atau tidak.
- *Two-Way* ANOVA (dengan pengulangan): Adalah test yang dilakukan pada dua grup dan grup tersebut melakukan lebih dari dua hal.

Pengetesan ANOVA dapat dilakukan dengan menggunakan software Microsoft Excell, MiniTab atau SPSS. Namun dalam persiapan data sebelum diproses menggunakan software tersebut diatas, hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pengujian menggunakan test ini adalah:

1. Jumlah populasi harus dekat dengan distribusi normal
2. Sampel harus independen
3. Variansi populasi harus sama
4. Setiap grup harus memiliki jumlah sampel yang sama

2.5.7 Test-F

Test-F adalah nilai yang didapatkan dari uji ANOVA untuk mengetahui rata-rata antara dua populasi berbeda secara signifikan. Nilai ini dapat digunakan untuk memutuskan mendukung atau menolak *Null Hypotesis*. Secara umum jika nilai F lebih besar dari nilai kritikal F maka *Null Hypotesis* dapat ditolak. Namun kita juga perlu mempertimbangkan nilai P, karena jika dari penelitian didapatkan nilai variabel yang signifikan maka tidak berarti semua variabel signifikan. Test statistik hanya melakukan komparasi akibat kombinasi dari seluruh variabel ada. Sedangkan nilai P adalah probabilitas untuk mendapatkan hasil setidaknya sama ekstrimnya dengan kumpulan data varibel yang sedang diobservasi untuk membuktikan *null hypotesis* benar. Oleh karena hal tersebut nilai F harus dilihat bersamaan dengan nilai P untuk menentukan apakah hasil pengujian signifikan atau tidak untuk menolak *Null Hypotesis*.



Gambar 2.12 Contoh Diagram F

Langkah dalam menghitung nilai F sebagai berikut:

1. Variasi antara grup (SS): perhitungan dilakukan dengan membandingkan rata-rata dari setiap grup dengan rata-rata keseluruhan dari data.

$$\text{Between SS} = n_1(\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + n_2(\bar{x}_2 - \bar{x})^2 + n_3(\bar{x}_3 - \bar{x})^2 \quad (2.19)$$

Nilai BSS kemudian dibagi dengan DoF (*Degree Of Freedom*) untuk mengetahui hasil perhitungan dari rata-rata variasi antara grup tersebut.

2. Variasi didalam Grup: perhitungan ini dilakukan dengan menambahkan variansi dari masing masing grup dikalikan dengan DoF dari masing masing grup

$$SS_R = S_{\text{group1}}^2(n_{\text{group1}} - 1)^2 + S_{\text{group2}}^2(n_{\text{group2}} - 1)^2 + S_{\text{group3}}^2(n_{\text{group3}} - 1)^2 \quad (2.20)$$

Seperti langkah sebelumnya diatas, hasil dari SS_R dibagi dengan DoF untuk mendapatkan rata-rata variasi didalam grup

3. Rasio F dapat dihitung dengan cara:

$$\frac{\text{Mean Between-group SS}}{\text{Mean Within-group SS}} \quad (2.21)$$

Jika rata-rata antara grup sama dengan hasil didalam grup maka rasio F berada diangka 1. Sedangkan jika perbedaan rata-rata antara grup menjadi semakin besar didalam grup maka nilai rasio F akan menjadi lebih besar dari 1. Jika rasio nilai F semakin besar maka nilai P akan semakin kecil

2.6 Daftar Penelitian yang relevan

Tabel 2.8 merupakan ringkasan dari penelitian sebelumnya yang menjadi referensi dalam pengerjaan kasus CBR ini.

Tabel 2.8 Daftar penelitian yang relevan

Peneliti (Tahun)	Judul	Metode	Hasil / Keputusan
Agatha Popescu (2015)	<i>Mutiplecorrelation and regression in predicting milk price</i>	<i>Multiple Correlation and Multiple Regression</i>	Metode <i>Multiple Correlation</i> dan <i>regression</i> dapat digunakan untuk melakukan analisa hubungan antara produksi susu, stok, dan harga susu. Penggunaan <i>linear regression</i> dapat dengan mudah memprediksi harga susu
Hesham Rakha, Abdel- Salam Gomaa Abdel- Salam, Feng Guo, mazen Arafah (2010)	<i>Linear regression crash prediction models</i>	<i>Linear Regression, ANOVA,</i>	Hasil prediksi memperlihatkan tingkat kecelakaan menurun delapan kali lipat untuk jarak kendaraan 0-300m dan untuk kenaikan 90 hingga 180 m mengalami penurunan hingga 50% terhadap rata-rata kecelakaan

(Lanjutan Tabel 2.8)

Carlos Arthur Ferreira, Patricia Kuyven (2011)	<i>Use of Analysis of Variance and linear regression as prediction tool for mechanical performance of SBR</i>	<i>Linier Regression, ANOVA</i>	Metode regresi memperlihatkan kandungan konsentrasi silika dan residu SBR memiliki efek terhadap properti mekanikal material SBR. Metode ANOVA memperlihatkan efek negatif dari performa elongasi ketika konsentrasi residu SBR meningkat
Aji Rahmat Muhajir, Edi Sutoyo, Irfan Darmawan (2019)	<i>Forecasting Model Penyakit Demam Berdarah Dengue Di Provinsi DKI Jakarta Menggunakan Algoritma Regresi Linier Untuk Mengetahui Kecenderungan Nilai Variabel Prediktor Terhadap Peningkatan Kasus DBD</i>	<i>Linier Regression, Multikorelasi MSE, MAPE, RMSE</i>	Metode regresi menunjukkan korelasi variabel kelembapan, temperatur dan curah hujan sebagai variabel independen yang mempengaruhi kenaikan kasus DBD.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di departemen *Capital and Planning Management* (CPM) PT Vale Indonesia yang berlokasi di Sorowako, Sulawesi Selatan. Departemen CPM adalah departemen yang bertanggung jawab untuk melakukan eksekusi proyek kapital termasuk di dalamnya adalah proses rekayasa teknik dan konstruksi. Penelitian ini berfokus untuk melakukan pengumpulan data untuk melakukan evaluasi dan *forecasting* pada asset yang berada di *Process Plant* PTVI dan telah dieksekusi dibawah proyek *Asset Integrity*. Aset yang akan dievaluasi adalah aset yang telah dieksekusi dalam rentang waktu 2011 hingga 2019.

3.2 Variabel Penelitian dan Sumber data

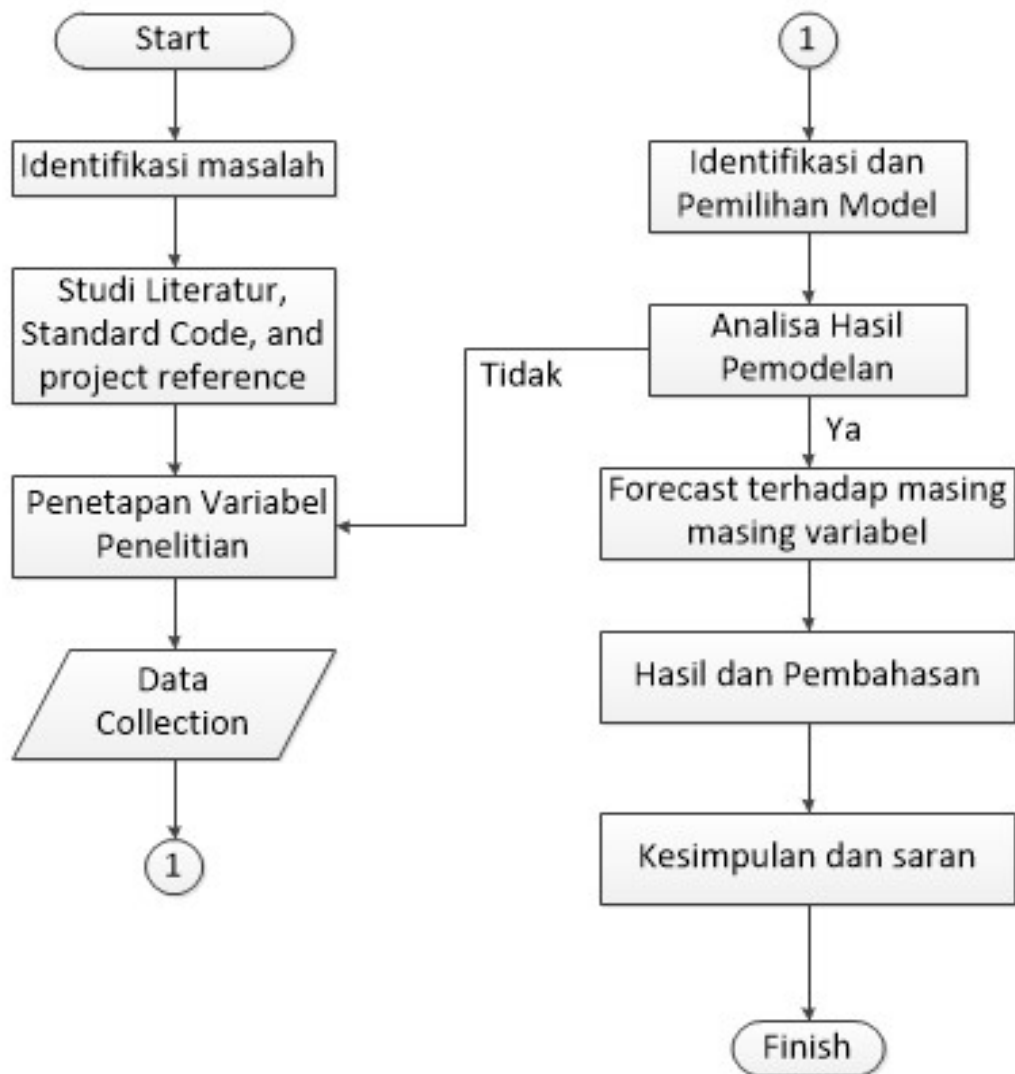
Semua variabel data penelitian yang diperlukan untuk penyusunan CBR diambil dari data proyek, hasil penelitian awal, dan historical data PT Vale Indonesia. Variabel-variabel penelitian sebagai berikut:

- Variabel kendali yang berupa data-data yang tidak mengalami perubahan didalam rentang evaluasi data. Variabel tersebut adalah:
 1. Umur desain lapisan pelindung
- Variabel Independen
 1. Data Temperature disekitar area *Process Plant* spesifik untuk 4 area:
 - i. *Dryer*
 - ii. *KILN*
 - iii. *Furnace*
 - iv. *Converter*
 2. Hasil uji intensitas emisi SO₂ di area *Process Plant*

3. Data Curah Hujan di area Sorowako
4. Hasil uji Emisi Stack dan NOx

3.3 Prosedur penelitian

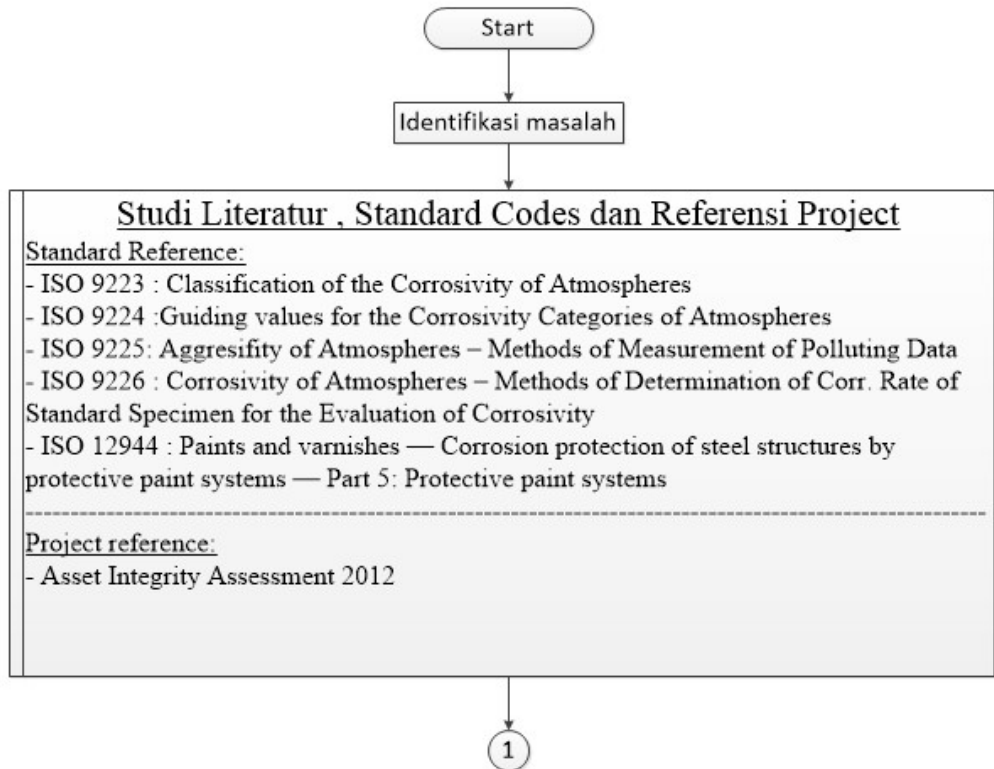
Diagram alir penelitian secara umum digambarkan seperti pada Gambar diagram alir 3.1 dibawah



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

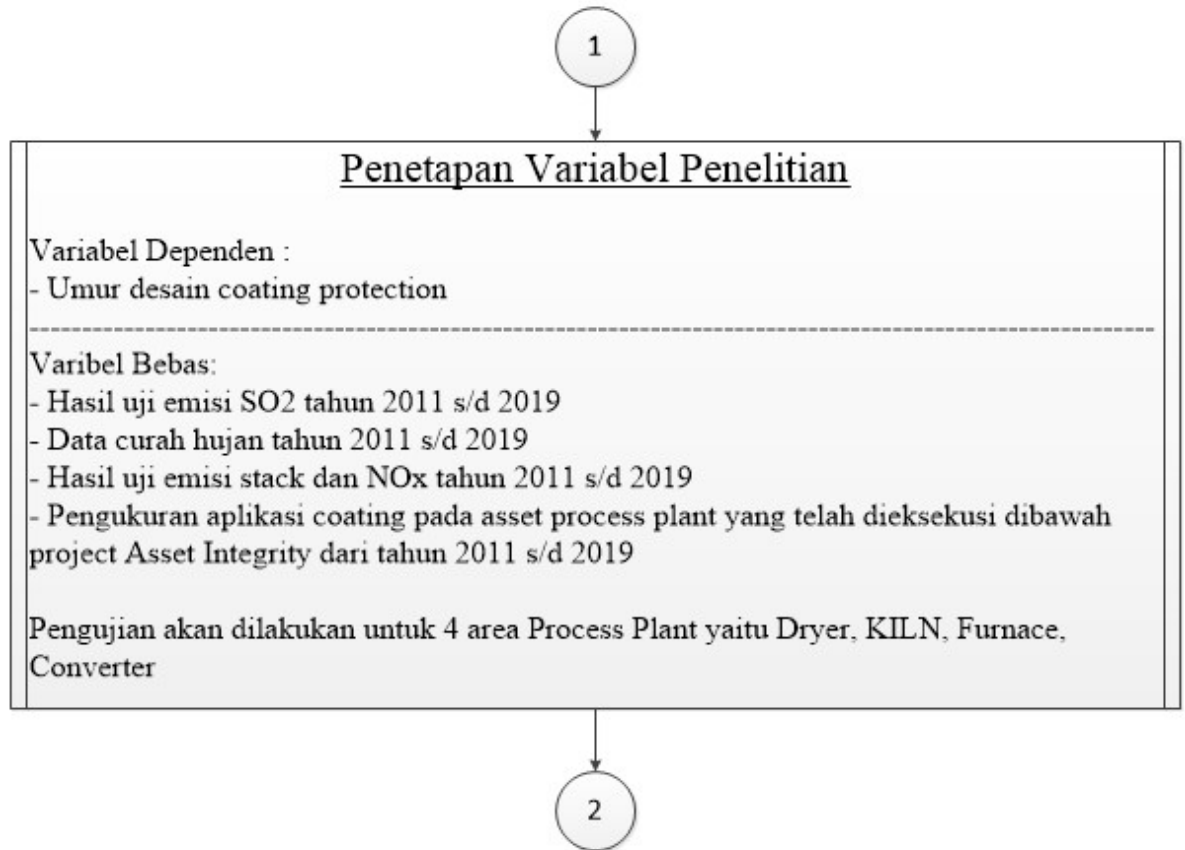
Tahapan-tahapan awal yang ada pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Tahap pertama, Memulai penelitian dengan mempersiapkan semua kebutuhan mulai dari identifikasi dan perumusan masalah, mengumpulkan studi literatur, menetapkan rancangan penelitian dan menerapkan variabel penelitian
- b. Tahap kedua, pengambilan data teknis menggunakan referensi laporan penelitian dan data historikal. Data yang diambil adalah data sekunder dari hasil penelitian sebelumnya dan data hasil pengecekan dilapangan.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian – Studi Literatur, *Standard Codes* dan referensi proyek

- c. Tahap ketiga, penetapan variabel penelitian dilakukan setelah data yang memuat informasi dengan aspek teknis seperti aplikasi *coating thickness*, Data curah hujan, hasil uji emisi SO₂ telah memadai.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian – Penetapan Variabel Penelitian

3.4 Pengolahan Data

Sebelum data diolah ketahapan lebih lanjut, perlu dilakukan pengumpulan dan pengolahan data terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan performa dari proses *data mining*. Tahapan yang akan dilakukan sebagai berikut:

- Pengumpulan data: pengumpulan data lapangan dilakukan keempat area *Process Plant* yaitu *Dryer*, *KILN*, *Furnace*, dan *Converter*. Data yang akan dikumpulkan adalah:

1. Kondisi *coating protection* pada asset Proyek *Asset Integrity* yang telah dieksekusi dalam rentang waktu 2011 hingga 2019
 2. Data curah hujan dari rentang waktu 2011 hingga 2019
 3. Data *sampling* intensitas emisi Gas SO₂ dengan rentang waktu 2011 hingga 2019
 4. Data *sampling* emisi Stack dan NO_x dengan rentang waktu 2011 hingga 2019
- Seleksi data: Proses seleksi data dilakukan karena data yang diperoleh masih bersifat umum dan masih perlu pemilahan informasi yang dibutuhkan sebelum diproses lebih lanjut. Hal ini bertujuan untuk membuat himpunan data target yang fokus pada sampel data.
 - *Cleaning data*: Proses ini mencakup menghilangkan *noise* dan data yang tidak konsisten seperti duplikasi data, kesalahan penulisan, dan tidak konsisten. Hal ini perlu dilakukan agar kualitas data akan menjadi lebih konsisten namun menggunakan teknik ini perlu di perhatikan karena proses ini bisa mengurangi jumlah data yang ada.

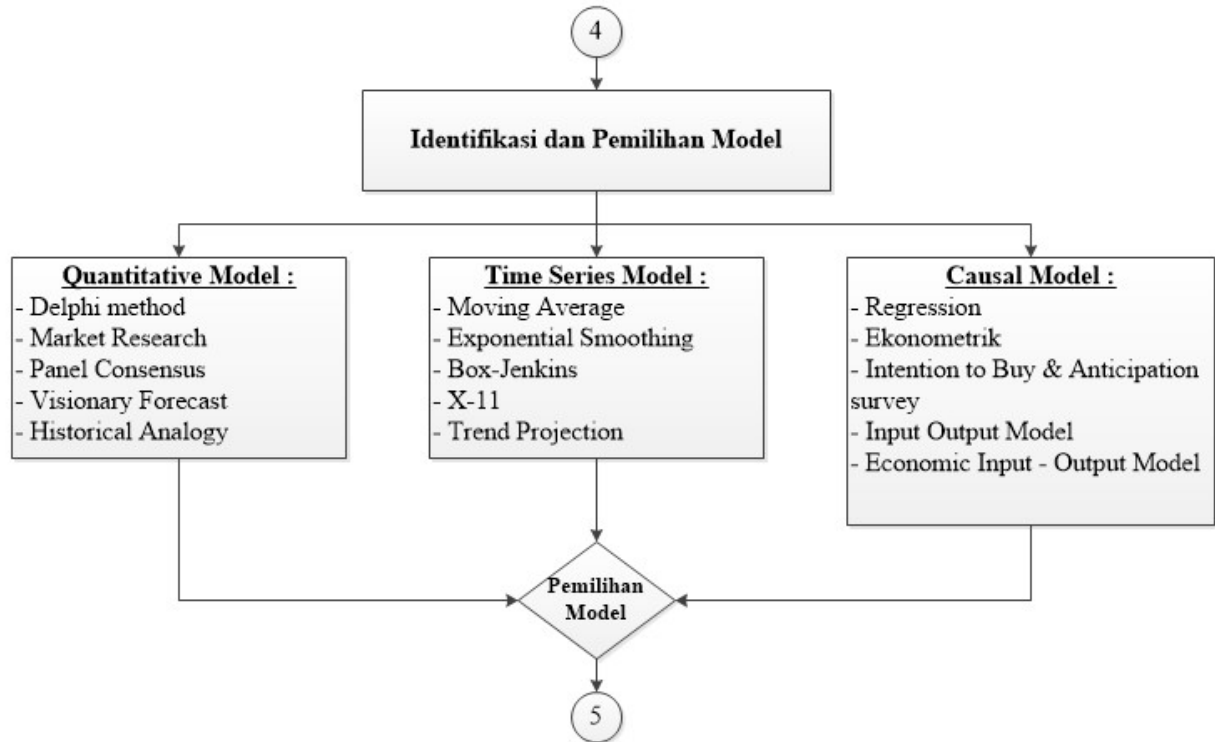
3.5 Identifikasi dan Pemilihan Model

Identifikasi dan pemilihan model untuk melakukan *forecasting* dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek dari ketersediaan data, tipe data, tingkat akurasi, durasi waktu untuk memproses, dan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan analisa.

Pemilihan tiga model pada Gambar 3.4 yang lebih efektif dalam kasus CBR dilakukan dengan membandingkan menggunakan Tabel 3.1 dengan mempertimbangkan kriteria yang ada seperti :

- Tingkat Akurasi prediksi
- Tipe Aplikasi
- Identifikasi hasil akhir

- Data yang dibutuhkan
- Biaya yang dibutuhkan untuk melakukan prediksi
- Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan prediksi



Gambar 3.4 Identifikasi dan Pemilihan Model *Forecasting*

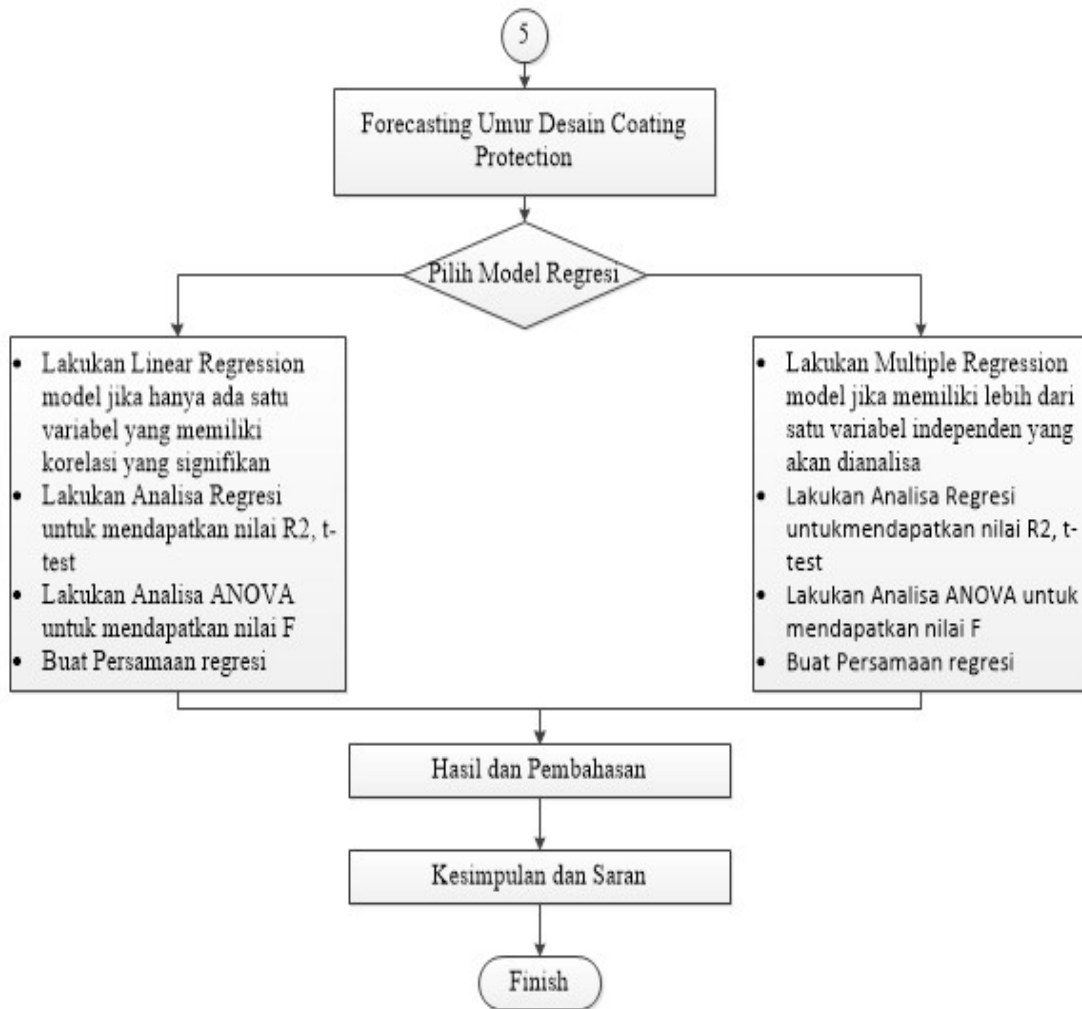
Dari Tabel 3.1 dapat terlihat bahwa metode *causal* - regresi memiliki tingkat akurasi yang baik untuk melakukan *forecasting* dengan durasi *mid-term*. Tipe regresi juga memiliki hasil yang baik untuk melihat data yang memiliki variabel independen lebih dari satu dan waktu pengerjaan juga relatif lebih cepat dengan data historis yang tersedia. Oleh karena hal tersebut maka proses *forecasting* dalam CBR ini akan menggunakan metode regresi dengan *multiple variable*.

Tabel 3.1 Pemilihan Model *Forecasting*

Technique	Qualitative Model				Time Series Analysis & Projection					Causal method				
	Delphi Method	Market Research	Panel Consensus	Visionary Forecast	Moving Average	Exponential Smoothing	Box Jenkins	X-11	Trend Projection	Regression	Econometric	Intention to Buy & Anticipation survey	Input-Output Model	Economic Input-Output Model
Accuracy • Short Term • Mid Term • Long Term	Fair to very Good	Excellent Good Fair to Good	Poor to Fair Poor to Fair Poor	Poor Poor Poor	Poor to Good Poor Very poor	Fair to very good Poor to Good Very poor	Very Good to Excellent Poor to Good Very poor	Very Good to Excellent Good Very poor	Very Good Good Good	Very good Very good Poor	Good to very Good Very Good to Excellent Good	Poor to Good Poor to Good Very Poor	N/A Good to very good Good to very good	N/A Good to very good Very Good to Excellent
Typical Application	Forecast of long range and new-product sales, forecast of margin	Forecast of long range and new-product sales, forecast of margin	Forecast of long range and new-product sales, forecast of margin	Forecast of long range and new-product sales, forecast of margin	Inventory Control for low volume items	Production and Inventory Control, forecast of margin	Production and Inventory Control for large volume, forecast of cash balance	Tracking and Warning, Forecast of Company, Division, or Department sales	New product forecast	Forecast of Sales by product Classes, Forecast of margins	Forecast of Sales by product Classes, Forecast of margins	Forecast of Sales by product Classes	Forecast of Company Sale	Company sales for Industrial Sectors
Identification of Turning Points	Fair to Good	Fair to very Good	Poor to Fair	Poor	Poor	Poor	Fair	Very Good	Poor	Very Good	Excellent	Good	Fair	Good
Data Required	Questionnaires	As minimum, 2 sets of Report Overtime, Survey, Time series of market Analysis of market variables	Information from panel of experts presented in a group meeting	Set of possible scenarios	Minimum 2 years set of seasonal history data	Minimum 2 years set of seasonal history data	Minimum 2 years set of seasonal history data	Minimum 3 years set of seasonal history data and complete history	Minimum 5 years set of historical data and complete history	Several years historical data, have more than 2 independent variables	Several years historical data, have more than 2 independent variables	Several years data required to relates index of company sales	10-15 years of history	Same as Moving average and X-11
Cost of Forecasting	+\$2.000	+\$5.000	+\$1.000	+\$100	+\$0.05	+\$0.05	+\$10	+\$10	Varies with application	+\$100	+\$5.000	+\$5.000	+\$50.000	+\$100.000
Time required for development and analysis	2 months	3 Months	2 Weeks	1 Weeks	1 day	1 day	1-2 days	1 day	1 day	Depends on identify the relationship	2 Months	Several Weeks	6 months	+6 months
Reference	North & Pyke, "Probes of the Technological Future" HBR May-June 1969 pg.68	Bass, King, Pessemeier "Application of The Science in the Marketing Management (New York, John Wiley & Sons, Inc., 1968)	-	-	Hadley, "Introduction to Business Stratictic (San Francisco, Holden-Day Inc. 1968)	Brown, "Less Risk in Inventory Estimates" HBR July-August 1959, pg.104.	Box-Jenkins, "Time series Analysis, Forecasting & Control (San Francisco, Holden-day Inc. 1970)	McLaughlin & Boyle, "Time series Forecasting", American Associating Booklet, 1962, Marketing Research Technique No.6	Hadley, "Introduction to Business Stratictic (San Francisco, Holden-Day Inc. 1968) Oliver & Boyd, " Techiques of Production Control", Imperial Chemical Industries, 1964	Clelland, de Cani, Brown, Bush & Murray, "Basic Statistic with Business Application", (New York, John Wiley & Sons, Inc., 1966)	Evans, "Macro Economics Activity : Theory, Forecasting & Control, (New York, Harper & Row Publishers.Inc., 1969)	Publication of Survey Research Center, Institute of Social Research, university of Michigan; and Bureau of The Census	Leontief, "Input-Output Economics"(New York, Oxford University Press, 1966)	Evans & Preston, "Discussion Paper #138", wharton School of Finance & Commerce, The University of Pennsylvania.

3.6 Forecasting

Metode *forecasting* dalam studi kasus CBR ini menggunakan metode regresi *multiple variable* untuk melakukan *forecasting durability* dari *coating protection* yang telah diaplikasikan dalam proyek *Asset Integrity*. Flow dari proses tersebut sebagai berikut:



Gambar 3.5 Diagram alur *Forecasting* menggunakan model Regresi

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 *Data Collection*

Untuk melakukan *sampling* data, data sampel diambil dari data sekunder yang diperoleh dari proyek *Asset Integrity* dan data Operasional *Process Plant*. Data *sampling* diambil dengan rentang waktu mulai dari 2011 hingga 2019 untuk menunjukkan pengaruh kondisi lingkungan sekitar terhadap aplikasi *coating protection* yang dilakukan mulai dari proyek *Asset Integrity* fase pertama. Lokasi *sampling* dilakukan secara random untuk semua area dengan jumlah sampel merata mencapai 50 titik per area. Untuk titik *sampling* udara dilakukan pada lokasi yang telah ditetapkan menurut baku mutu dan standard regulasi yang telah ditetapkan. Detail *sampling* untuk masing masing variabel *independent* akan dijelaskan pada sub-bab berikut ini. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisa regresi untuk mendapatkan persamaan *coating design lifetime* akibat pengaruh dari masing-masing variabel independen disetiap area.

4.1.1 *Kondisi aktual Coating*

Proses *sampling* pada kondisi aktual *coating* dilakukan menggunakan referensi standard ASTM D5065-07. Pada prosedur ini terdapat dua klasifikasi variabel yang digunakan yaitu variabel numerical dan kategorical. Proses pengambilan *sampling* dilakukan sebanyak 50 titik untuk masing-masing area *Dryer*, *KILN*, *Furnace*, dan *Converter*. Standard form yang digunakan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.1 dibawah. Proses *sampling* dilakukan berdasarkan inspeksi visual dan menggunakan referensi ASTM untuk pengisian form ini. Dalam hasil *sampling* hanya ada dua variabel numerikal yang dapat dijadikan sebagai variabel independent dalam analisa regresi yaitu *Underfilm condition* dan *chalking*. Karena *chalking* terjadi akibat proses

disintegrasi binder pada lapisan *top coat* sehingga hal ini tidak mempengaruhi umur desain *coating protection* dan hanya mempengaruhi lapisan *top coat* saja.

Tabel 4.1 Contoh laporan *sampling* kondisi aktual *coating* untuk area *Dryer*

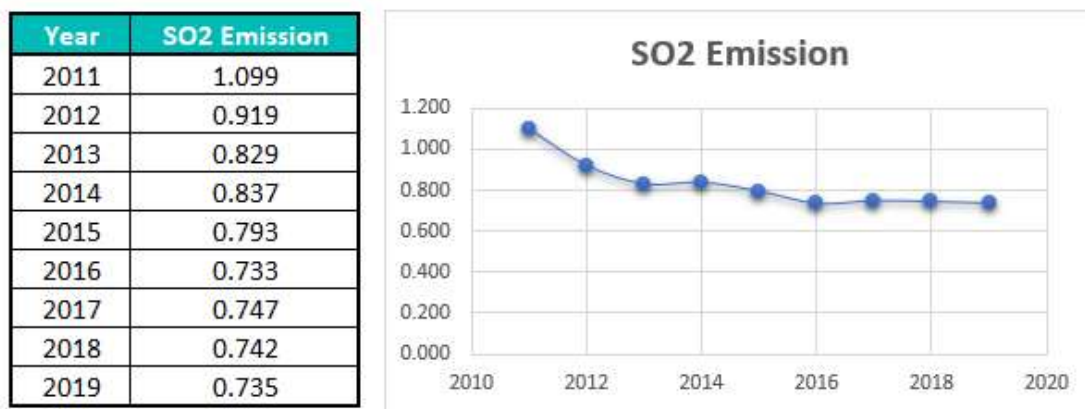
No	Facilities	Position	Execution Year	Rating						Thickness				Remarks
				Rust	Underfilm Condition	Peeling	Blistering	Checking	Chalking	1	2	3	Avg.	
1	D#1	Primary Bin north area	2011	1S	50%	Yes	F7	SR4	8	245	214	178	212	
2	D#1	Primary bin south area	2011	2S	33%	Yes	F7	SM3	8	299	184	144	209	
3	D#1	1st floor PC bin north area	2012	2S	33%	Yes	F4	SA2	8	261	278	282	274	
4	D#1	1st floor PC bin south area	2012	3S	16%	Yes	M8	SM3	8	202	210	106	173	
5	D#1	1st floor PC bin east area	2012	4S	10%	Yes	F8	SM7	8	375	380	387	381	
6	D#1	2nd floor rotary dryer	2014	5S	3%	No	NO	LL6	8	185	170	287	214	
7	D#1	2nd floor material reject conveyor south area	2011	2G	33%	No	F4	SA4	8	66	68	108	81	
8	D#1	3rd Floor ESP	2011	2S	33%	No	NO	LL4	8	130	145	147	141	
9	D#1	2nd floor material reject conveyor east area	2014	6S	1%	No	F6	SA3	8	120	112	202	145	
10	D#2	2nd Floor material reject conveyor	2014	4S	10%	No	M8	SM4	8	179	298	304	260	

Oleh karena hal tersebut diatas data variabel yang diekstrak untuk digunakan sebagai variable independen dalam proses *forecasting* dalam studi kasus ini adalah *Underfilm Condition* untuk masing masing fasilitas di area *Dryer*, *KILN*, *Furnace*, dan *Converter*.

Data pada Tabel 4.1 merupakan hasil pengukuran terhadap aset yang dieksekusi di dalam proyek *Asset Integrity* yang dieksekusi pada tahun yang disebutkan pada Tabel 4.1 diatas. Persentase kondisi *coating* pada Tabel 4.1 memperlihatkan kondisi aktual yang terukur pada tahun 2020. Informasi waktu eksekusi aset kemudian dikurangi dengan tahun pengukuran kondisi aktual saat ini untuk mendapatkan perubahan kondisi pada cat akibat pengaruh kondisi lingkungan dalam rentang periode pengamatan. Terdapat 200 titik *sampling* yang terkumpul dalam *sampling* ini dengan rentang waktu mulai dari 2011 hingga 2019. Data fasilitas, posisi pengambilan sampel, waktu eksekusi dan kondisi *underfilm condition* kemudian diekstrak untuk dimasukkan dalam tabel pemodelan regresi. Data *underfilm condition* disediakan dalam satuan persen (%).

4.1.2 Hasil *Sampling* Intensitas Emisi SO₂

Intensitas emisi SO₂ *sampling* dilakukan pada titik-titik *compliance* yang telah ditentukan dengan rentang waktu per bulan data kemudian dilaporkan secara berkala setiap kuartal. Data intensitas ini merupakan perbandingan antara total jumlah emisi SO₂ yang dihasilkan diproses operasi pabrik untuk setiap produksi satu ton nikel. Data tersebut dikumpulkan dalam rentang waktu 2011 hingga 2019 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.1 dibawah.



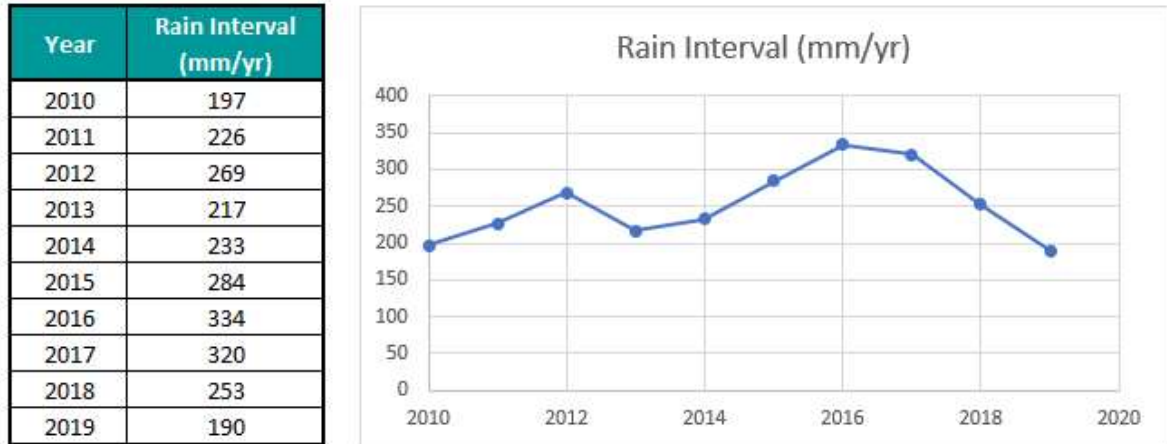
Gambar 4.1 Hasil Uji Emisi SO₂

Dari data diatas dapat terlihat trend untuk emisi SO₂ mengalami penurunan setiap tahun. Hal ini sejalan dengan program global PTVI untuk menurunkan kadar emisi gas buang di *process plant* sesuai dengan standard bank dunia. Data diatas merupakan rata-rata dari hasil *sampling* setial kuartal setiap tahun dari rentang 2011 hingga 2019. Data tersebut diatas diambil dari pengukuran titik-titik *compliance* yang disepakati oleh pemerintah. Data ini kemudian akan digunakan sebagai salah satu variabel independen dalam CBR ini. Data disediakan dalam satuan t SO₂/tNi

4.1.2 Data Curah Hujan

Data intensitas curah hujan diambil dari titik titik *compliance* PTVI di 4 area pemberdayaan untuk memonitor sebaran curah hujan yang terjadi di area PTVI dan

fasilitasnya. Untuk proses penelitian ini data curah hujan diambil dari rata-rata curah hujan setiap tahun di area *process plant* dengan rentang pengamatan 2011 hingga 2019. Dari data tersebut didapatkan data seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil *sampling* data intensitas curah hujan

Dari data diatas dapat terlihat intensitas curah hujan mengalami kenaikan dalam rentang tahun pengamatan. Dengan tiga danau di area PTVI rentang rata-rata curah hujan interval di area *process plant* mencapai 250mm/tahun. Data ini akan digunakan sebagai *independent* variable dalam pengujian regresi CBR ini. Data di sediakan dalam satuan mm/tahun

4.1.3 Stack dan NOx Sampling

Di area PTVI terdapat 10 buah *stack* yang aktif sebagai bagian dari proses *ore* nikel di PTVI. Sebaran *stack* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Dalam proses *sampling stack* data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut :

- *Dryer* dan *KILN* :
 - % *Dusting Rate*, % of *Feed*
 - *Stack Emission*, mg/m^3 ($25^0,1 \text{ atm}$)
 - *Gas Flow* nm^3/min

- *Off gass, % Volume include (CO₂,O₂, CO,H₂,SO₂, NO_x, Percent Isokinetic, Feed rate, RPM, operating time stack)*



Gambar 4.3 Posisi *stack* yang ada di PTVI

- *Furnace* :
 - *% Dusting Rate, % of Feed*
 - *Stack Emission, mg/m³ (25⁰,1 atm)*
 - *Gas Flow nm³/min*
 - *Off gass, % Volume include (CO₂,O₂, CO,H₂,SO₂, NO_x, Percent Isokinetic, power average, Operating time stack)*

Data *stack sampling* diambil secara reguler per kuartal dan diakumulasikan setiap tahun untuk dilaporkan secara reguler ke pemerintah. Sebagian data yang tidak terukur atau data *samplingnya* tidak lengkap tidak akan dijadikan sebagai variabel dalam penelitian ini. Dalam uji coba ini kita mengambil data *stack emission* dan NO_x sebagai salah satu independent variabel dalam pengujian. NO_x diambil sebagai salah satu variabel penelitian karena dapat bereaksi dengan udara yang berkondensasi

menjadi asam nitrat yang memiliki kadar asam tinggi dan berpotensi untuk mempengaruhi umur desain *coating*.

Tabel 4.2 Contoh hasil pengambilan *sampling stack* di area *Dryer*

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
D#1 & D#2									
% dusting rate, % of feed	0.021611	0.007586	0.017278	0.01547	0.01573	0.014295	0.013208	0.021681	0.007869
Stack emission,mg/m ³ (25OC,1 atm)	125.2641	62.21655	138.1611	112.8333	115.8812	112.6004	88.89139	142.1849	63.60148
Gas flow nm ³ /min	12049.21	9514.192	9439.605	8103.809	9164.911	9047.353	10608.79	11496.89	9627.042
Off Gas Composition, % volume :									
%CO ₂	2.105833	2.675833	4.3225	4.035833	4.79125	3.780833	4.040833	3.4925	4.83
%O ₂	17.6275	16.91667	15.81833	16.23667	15.475	14.58333	16.08	16.35167	15.44667
CO (mg/m ³)	1.78E-05	3.88E-05	0.008548	0.015074	160.7933	129.0921	151.8079	116.1221	0.013799
%H ₂				0.001774	0.001713	0.001873	0.00088	0.000617	0.001887
SO ₂ (mg/m ³)	249.1183	297.1517	353.3136	73.9102	147.5322	167.2848	53.49167	14.19167	55.59858
NO _x (mg/m ³)	69.56	93.68667	154.7679	129.5227	245.4716	189.3499	178.2867	57.96667	264.2136
Percent Isokinetic	99.83728	99.67667	99.71219	99.22064	98.62837	90.89518	98.20204	99.0817	99.68043
Feed Rate	649.4408	652.4567	524.3433	534.7656	600.1775	621.8369	627.0521	609.125	695.9
RPM	1.987083	1.919167	1.876583	2.033333	1.88875	1.72913	1.95625	1.991667	1.856667
Exh Gas Temp (oC)	152.5783	156.0108	147.8249	132.8158	131.3146	115.8861	119.13	129.0833	103.575
Operating Time Stack (Hour)				641.1013	624.8967	672.3975	679.1842	665.7575	637.3767

Dari contoh Tabel 4.2 diatas, Data NO_x dan Stack emission kemudian diekstrak dan di-*transpose* dalam tabel *Microsoft Excel* untuk dimasukkan kedalam tabel model regresi untuk proses analisa lebih lanjut. Rentang waktu *sampling* diambil dari 2011 hingga 2019. Data emisi stack dan NO_x disediakan dalam satuan mg/m³

4.2 Model Regresi

Dalam melakukan pemodelan regresi, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan variabel independen yang berpengaruh terhadap variabel dependen. Karena masing masing area memiliki operasi yang berbeda oleh karena itu pemilihan variabel disesuaikan dengan fasilitas yang ada di area tersebut. Berikut adalah variabel untuk masing masing area dalam penelitian ini:

- *Dryer* : *Underfilm Condition*, SO₂, *Stack Emission*
- *KILN* : *Underfilm Condition*, SO₂, Intensitas Hujan, *Stack Emission*
- *Furnace* : *Underfilm Condition*, SO₂, Intensitas Hujan, NO_x
- *Converter* : *Underfilm Condition*, SO₂, *Stack Emission*, NO_x

Model regresi dilakukan dengan menggunakan *Data Analysis* dalam *software Microsoft Excell* untuk melakukan uji Regresi dengan *multivariable* sesuai dengan area pengujian. Data masing-masing variabel independen di sortir terlebih dahulu sebelum analisa regresi dilakukan. Penelitian ini menggunakan *Microsoft Excel* untuk melakukan *data preprocessing* dan pemodelan regresi karena tampilan *Microsoft Excel* yang tersaji dalam bentuk *spreadsheet* memudahkan untuk melakukan pembuatan tabel dan mensortir data.

Informasi lokasi dan asset pada project harus ditampilkan, informasi waktu eksekusi juga diinfokan untuk mengetahui sudah berapa lama aset tersebut telah selesai dikerjakan dalam proyek *Asset Integrity*. Umur *Coating* (*Coating Age*) pada Tabel 4.3 merupakan selisih waktu antara waktu eksekusi dan waktu pengukuran aktual dilakukan (2020). Informasi waktu tahun eksekusi juga menjadi referensi acuan waktu untuk variabel independen lainnya. Untuk data variabel independen lainnya juga harus menyesuaikan dengan data sampling variabel sesuai dengan tahun eksekusi. Proses pensortiran data menggunakan fungsi *V-lookup* dalam perangkat lunak *Microsoft Excel*.

Tabel 4.3 Hasil *data preprocessing* untuk model regresi area Dryer

No.	Facilities	Aset	Location	Execution year	Coating Age	Under Film Condition (%)	SO2 Emission	Stack emission,mg/m3 (25OC,1 atm)
1	Dryer	D#1	Primary Bin north area	2011	9	50	1.099	125.26
2	Dryer	D#1	Primary bin south area	2011	9	33	1.099	125.26
3	Dryer	D#1	1st floor PC bin north area	2012	8	33	0.919	62.22
4	Dryer	D#1	1st floor PC bin south area	2012	8	16	0.919	62.22
5	Dryer	D#1	1st floor PC bin east area	2012	8	10	0.919	62.22
6	Dryer	D#1	2nd floor rotary dryer	2014	6	3	0.837	112.83
7	Dryer	D#1	2nd floor material reject conveyor south area	2011	9	33	1.099	125.26

4.3 Analisa Regresi

Model regresi memiliki beberapa informasi yang perlu dianalisa untuk memastikan tingkat kepercayaan terhadap data yang dimiliki. Oleh karena itu dalam model regresi ini data yang perlu dicek adalah koefisien determinasi, *F-value*, dan *t-test*. Dengan persamaan regresi kemudian dilakukan tes untuk masing masing regresi dari area di *process plant*.

4.3.1 Koefisien Determinasi

Dengan melakukan analisa regresi dengan jumlah sampel sebanyak 50 untuk masing masing area, Tabel 4.4 dibawah menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi untuk area *Dryer*, *KILN*, *Furnace*, dan *Converter* berada diangka 97.75%, 91.89%, 83.09%, 95.72% . Hal ini menunjukkan bahwa model regresi ini dapat menjelaskan total persentase variabilitas dari responden data terhadap rata-ratanya untuk masing-masing area.

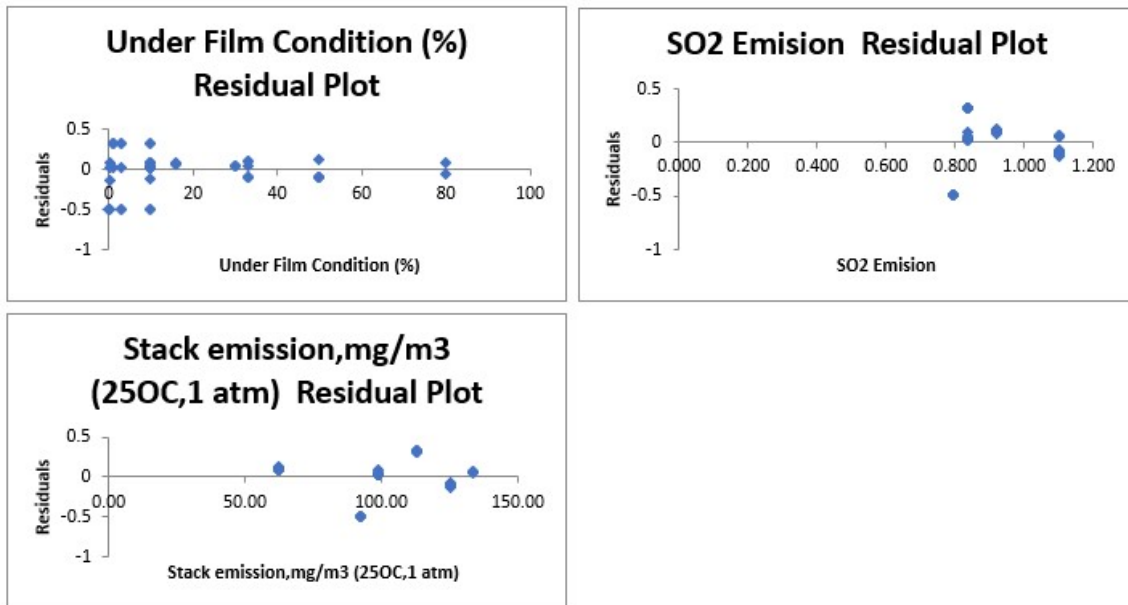
Tabel 4.4 Hasil Koefisien Determinasi dari Analisa Regresi

Area	R ²	Adjusted R	Standard Error	Jumlah Sampel
<i>Dryer</i>	0.9775	0.9761	0.2282	50
<i>KILN</i>	0.9189	0.9117	0.3826	50
<i>Furnace</i>	0.8309	0.8158	0.5259	50
<i>Converter</i>	0.9572	0.9534	0.2824	50

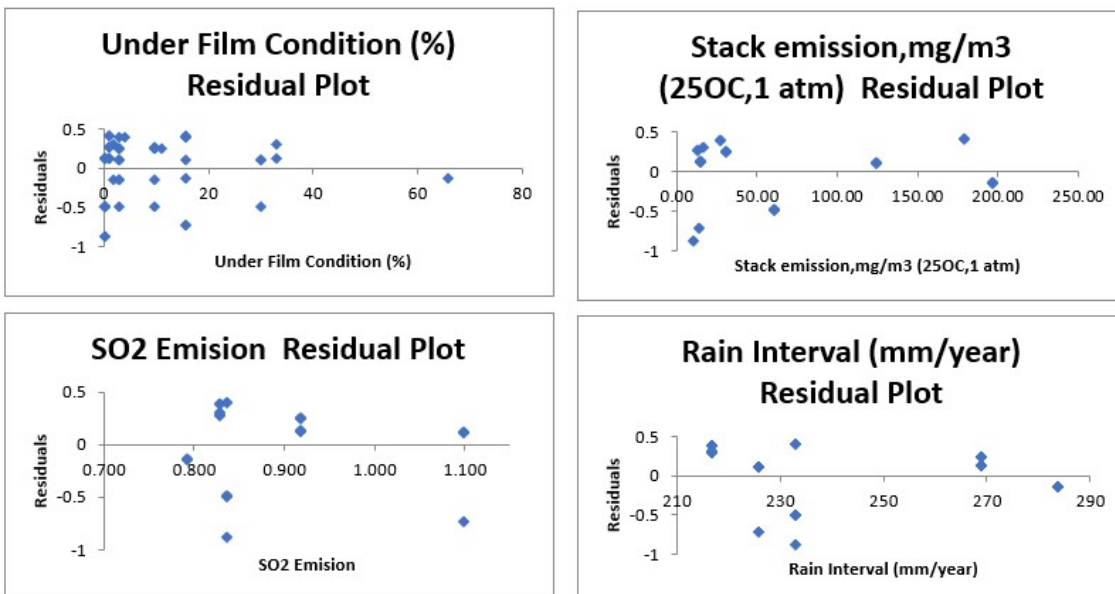
- *Residual Plot*

Dalam uji regresi ini analisa terhadap *residual plot* dari masing masing variabel independen terhadap variabel dependen pada masing masing area turut dilakukan untuk melihat seberapa jauh perbedaan antara garis regresi secara vertikal terhadap data poin. Hasil pada Gambar 4.4 hingga 4.7 menunjukkan pencilan data dalam pemodelan regresi terhadap nilai rata-rata untuk masing masing area. Tidak terdapat pola yang spesifik dalam pemodelan dengan nilai residual pada pada Y-axis berada direntang -1

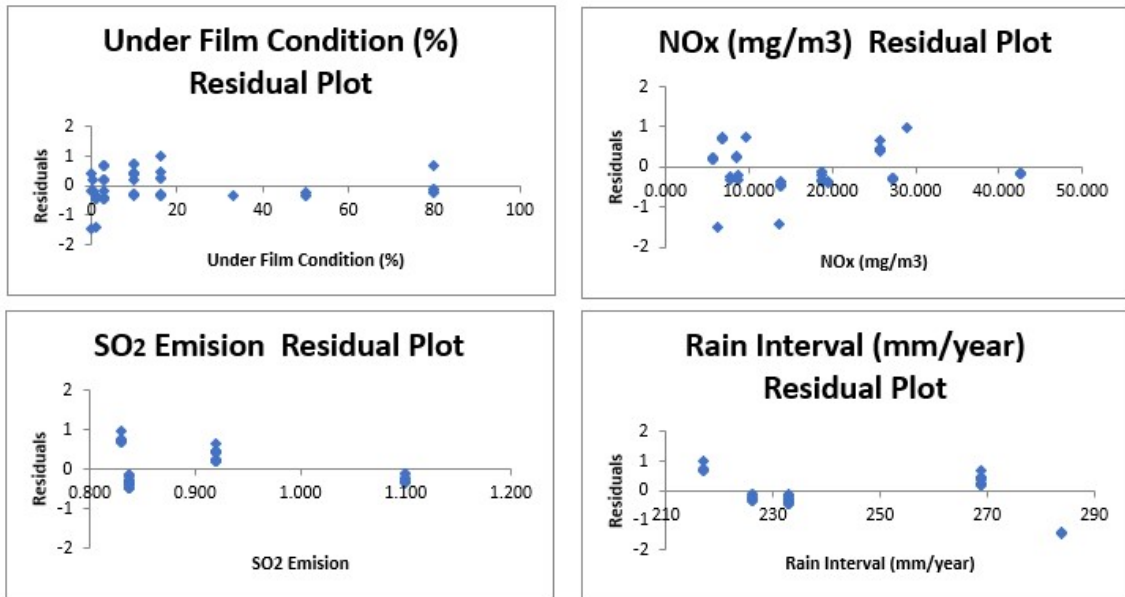
hingga 1. Dengan berdasarkan data-data tersebut diatas dan hasil dari residual plot maka persamaan regresi untuk masing masing area dapat digunakan untuk proses analisa lebih lanjut.



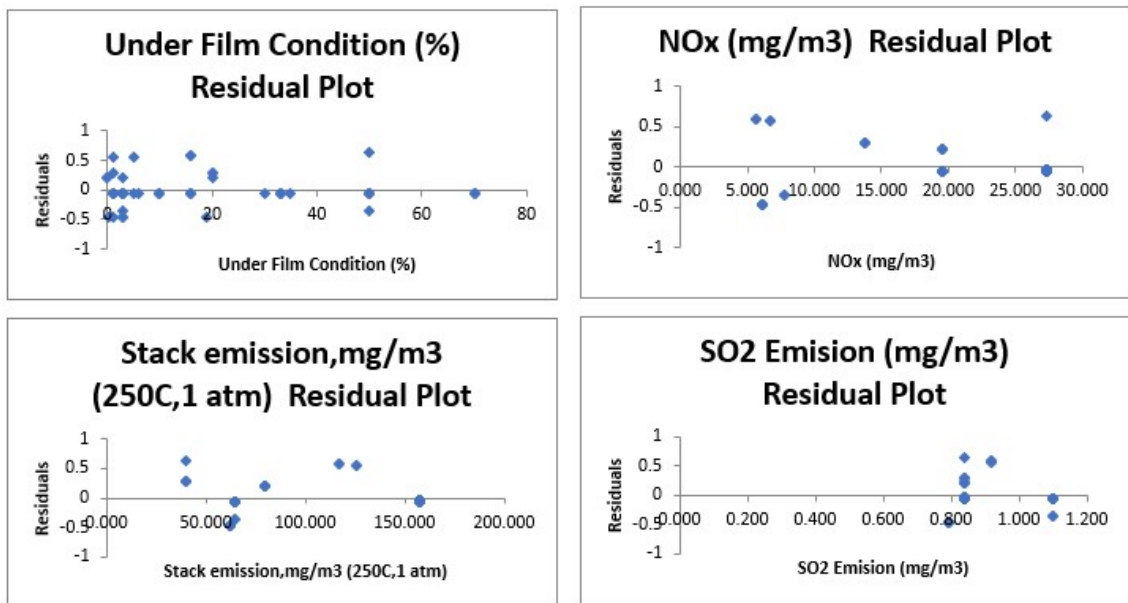
Gambar 4.4 Residual Plot untuk Independent Variabel di *Dryer*



Gambar 4.5 Residual Plot untuk Independent Variabel di *KILN*



Gambar 4.6 Residual Plot untuk Independent Variabel di *Furnace*



Gambar 4.7 Residual Plot untuk Independent Variabel di *Converter*

4.3.2 *F-value*

Dengan menggunakan data dari Tabel 4.5 dibawah untuk masing masing area, *F-value* akan dibandingkan dengan p-value (0.05) untuk melihat apakah *null hypothesis* diterima atau tidak. Asumsi untuk hipotesis ini sebagai berikut:

1. H_0 : Tidak ada pengaruh yang signifikan dari semua variabel *independent* terhadap umur *coating*
2. H_1 : Terdapat pengaruh signifikan dari semua variabel *independent* terhadap umur *coating*.

Tabel 4.5 Hasil Nilai F

Area	F	Fsignificance	Critical Value	DoF
<i>Dryer</i>	668.907	6.243×10^{-38}	2.806	46
<i>KILN</i>	127.492	6.126×10^{-24}	2.578	45
<i>Furnace</i>	55.282	8.454×10^{-17}	2.578	45
<i>Converter</i>	252.038	3.500×10^{-30}	2.578	45

Dari data tersebut di Tabel 4.5 dapat disimpulkan hasil analisa untuk masing masing area sebagai berikut :

- *Dryer*
 1. $F_{significance} 6.243 \times 10^{-38} < 0.05$
 2. F-value 668,907 > *Critical value* 2,806 dengan *Degree of Freedom* of 46
 3. H_0 ditolak, variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.
- *KILN*
 1. $F_{significance} 6.126 \times 10^{-24} < 0.05$
 2. F-value 127.492 > *Critical value* 2,578 dengan DoF 45
 3. H_0 ditolak, variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

- *Furnace*

1. $F_{significance} 8.4547 \times 10^{-17} < 0.05$
2. F value $55.282 > Critical\ value\ 2,578$ with *degree of freedom* of 45
3. H_0 ditolak, variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

- *Converter*

1. $F_{significance} 3.5004 \times 10^{-30} < 0.05$
2. F value $252.038 > Critical\ value\ 2,578$ with *degree of freedom* of 45
3. H_0 ditolak, variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

4.3.3 *t-test*

Dari hasil analisa regresi untuk masing masing area didapatkan nilai *t* yang kemudian akan didapatkan nilai *p* untuk melihat tingkat signifikan masing masing variabel independen terhadap dependen variabel. Asumsi awal untuk test ini adalah sebagai berikut:

1. H_0 : Tidak ada pengaruh yang signifikan dari masing masing variabel independent terhadap umur *coating*
2. H_1 : Terdapat pengaruh signifikan dari masing masing variabel independent terhadap umur *coating*.

Hasil dan analisa dari masing masing area adalah sebagai berikut:

- *Dryer*

Hasil *t-test* dari persamaan regresi yang terangkum dalam Tabel 4.6 memperlihatkan variabel *Underfilm Condition* tidak signifikan mempengaruhi umur *coating* di area ini sehingga menyebabkan H_0 dapat diterima. Variabel

SO₂ dan *Stack Emission* memiliki nilai $p < 0.05$ sehingga H₀ ditolak dan H₁ diterima

Table 4.6 *t- test Dryer*

Model	t-value	p-value
<i>Underfilm condition</i>	-0.431	0.6778
SO ₂	39.099	6.0485x10 ⁻³⁷
<i>Stack Emission</i>	-14.427	2.2629x10 ⁻¹⁶

- *KILN*

Hasil *t-test* dari persamaan regresi yang terangkum dalam Tabel 4.7 memperlihatkan variabel *Underfilm Condition* dan intensitas curah hujan tidak signifikan mempengaruhi umur *coating* di area ini sehingga menyebabkan H₀ dapat diterima. Variabel SO₂ dan *Stack Emission* memiliki nilai $p < 0.05$ sehingga H₀ ditolak dan H₁ diterima

Table 4.7 *t- test KILN*

Model	t-value	p-value
<i>Underfilm condition</i>	-0.0086	0.9931
SO ₂	19.7505	8.4125x10 ⁻²⁴
Rain intensity	1.3766	0.1754
<i>Stack Emission</i>	-8.7688	2.694x10 ⁻¹¹

- *Furnace*

Hasil *t-test* dari persamaan regresi yang terangkum dalam Tabel 4.8 memperlihatkan variabel *Underfilm Condition* dan NO_x tidak signifikan mempengaruhi umur *coating* di area ini sehingga menyebabkan H₀ dapat

diterima. Variabel SO₂ dan Intensitas curah hujan memiliki nilai $p < 0.05$ sehingga H₀ ditolak dan H₁ diterima

Table 4.8 *t- test Furnace*

Model	t-value	p-value
<i>Underfilm condition</i>	-0.7377	0.4644
SO ₂	10.274	2.2140x10 ⁻¹³
Rain intensity	2.4099	0.0201
NO _x Emission	-1.5307	0.1328

- *Converter*

Hasil *t-test* dari persamaan regresi yang terangkum dalam Tabel 4.9 memperlihatkan variabel *Underfilm Condition* tidak signifikan mempengaruhi umur *coating* di area ini sehingga menyebabkan H₀ dapat diterima. Variabel SO₂, NO_x dan *Stack Emission* memiliki nilai $p < 0.05$ sehingga H₀ ditolak dan H₁ diterima

Table 4.9 *t- test Converter*

Model	t-value	p-value
<i>Underfilm condition</i>	0.0603	0.9521
SO ₂	28.334	2.4804x10 ⁻³⁰
<i>Stack Emission</i>	4.6116	3.3109x10 ⁻⁵
NO _x Emission	0.0068	0.00051

4.3.4 Persamaan regresi

Berdasarkan model regresi terhadap independent variabel di masing-masing area didapatkan hasil seperti yang tertera pada Tabel 4.10

Table 4.10 Persamaan Regresi

Area	Intercept	Independent Variables				
		β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
<i>Dryer</i>	-3.769	-8.0×10^{-04}	14.14	-2.1×10^{-02}	-	-
<i>KILN</i>	-3.042	-3.8×10^{-05}	11.06	-7.6×10^{-03}	3.2×10^{-03}	-
<i>Furnace</i>	-5.098	-3.4×10^{-03}	11.55	-	8.7×10^{-03}	-1.0×10^{-02}
<i>Converter</i>	-4.889	1.2×10^{-04}	12.79	5.8×10^{-03}	-	2.5×10^{-02}

Note: β_1 = *Underfilm condition* (%), β_2 = *SO₂ emission* (t SO₂/t Ni), β_3 = *Stack emission* (mg/m³), β_4 = *Rain intensity* (mm/year), β_5 = *NOx emission* (mg/m³)

Dari hasil rekapitulasi pada Tabel 4.10 persamaan tersebut diatas dapat disimpulkan per area sebagai berikut:

- *Dryer*

$$Y = -3.769 - 0.0008 (\beta_1) + 14.14(\beta_2) - 0.021(\beta_3) \quad (4.1)$$

- Koefisien *Underfilm condition* (β_1) mengandung nilai negatif sebesar 0.0008 yang berarti setiap penambahan pada persentase *Underfilm Condition*, ekspektasi umur *coating* berkurang sebesar 0.0008 secara rata-rata dengan asumsi semua variabel adalah konstan.
- Setiap kenaikan nilai emisi SO₂ (β_2) umur *coating* mengalami kenaikan sebesar 14.4 dengan asumsi semua variabel adalah konstan.
- Setiap kenaikan emisi *stack* (β_3), umur *coating* mengalami penurunan umur *coating* sebesar 0.021 dengan asumsi semua variabel konstan.
- Estimasi rata-rata umur *coating* adalah 3.769 tahun dengan asumsi semua independent variabel = 0

- *KILN*

$$Y = -3.042 - 0.000038 (\beta_1) + 11.06(\beta_2) - 0.0076 (\beta_3) + 0.00321 (\beta_4) \quad (4.2)$$

- Koefisien *Underfilm condition* (β_1) mengandung nilai negatif sebesar 0.000038 yang berarti setiap penambahan pada persentase *underfilm condition* maka ekspektasi umur *coating* berkurang sebesar 0.000038 secara rata-rata dengan asumsi semua variabel adalah konstan.
- Setiap kenaikan nilai emisi SO₂ (β_2), umur *coating* mengalami kenaikan sebesar 11.06 dengan asumsi semua variabel adalah konstan
- Setiap kenaikan intensitas curah hujan (β_3), umur *coating* mengalami kenaikan sebesar 0.00321 dengan asumsi semua variabel konstan
- Setiap kenaikan emisi *stack* (β_4), umur *coating* mengalami penurunan umur *coating* sebesar 0.0076 dengan asumsi semua variabel konstan
- Estimasi rata-rata umur *coating* di area *KILN* adalah 3.042 tahun dengan asumsi semua variabel independen = 0

- *Furnace*

$$Y = -5.098 - 0.0034 (\beta_1) + 11.55 (\beta_2) + 0.0087 (\beta_4) - 0.010 (\beta_5) \quad (4.3)$$

- Koefisien *Underfilm condition* (β_1) memiliki nilai negatif sebesar 0.0034 yang berarti setiap kenaikan *Underfilm condition* maka umur *coating* berkurang sebesar 0.0034 dengan asumsi semua variabel lainnya konstan.
- Setiap kenaikan emisi SO₂ *emission* (β_2), maka ekspektasi umur *coating* akan naik sebesar 11.55 dengan asumsi semua variabel lainnya konstan.
- Setiap kenaikan intensitas curah hujan (β_4), maka ekspektasi umur *coating* akan naik 0.0087 dengan asumsi semua variabel lainnya konstan.
- Setiap kenaikan emisi NO_x (β_5), maka umur *coating* akan mengalami penurunan sebesar 0.010 dengan asumsi semua variabel lainnya konstan.
- Estimasi umur *coating* di area *furnace* adalah 5.098 tahun dengan asumsi semua variabel independen = 0

- *Converter*

$$Y = -4.889 + 0.00012 (\beta_1) + 12.79 (\beta_2) + 0.0058 (\beta_3) - 0.0255 (\beta_5) \quad (4.4)$$

- Koefisien *Underfilm condition* (β_1) memiliki nilai positif yang berarti setiap kenaikan kondisi *underfilm* maka umur *coating* akan naik sebesar 0.0012 dengan asumsi semua variabel lainnya adalah konstan.
- Setiap kenaikan emisi SO₂ (β_2), ekspektasi umur *coating* akan naik sebesar 12.79 dengan asumsi semua variabel lainnya adalah konstan.
- Setiap kenaikan emisi *stack* (β_3), maka ekspektasi umur *coating* naik sebesar 0.0058 dengan asumsi semua variabel lainnya adalah konstan.
- Setiap kenaikan emisi NO_x (β_5), maka ekspektasi umur *coating* menurun sebesar 0.0255 dengan asumsi semua variabel lainnya adalah konstan.
- Perkiraan rata-rata umur *coating* di area *converter* adalah 4.889 tahun dengan asumsi semua independent variabel = 0.

4.3.5 Pengetesan Model Regresi

Dengan menggunakan persamaan regresi dari masing masing area maka proses simulasi umur *coating* dapat dilakukan untuk masing masing area. Dengan menggunakan asumsi proses *coating* dilakukan pertama kali pada tahun ke-0 dan asumsi independent variabel *underfilm condition* (β_1) = 0 maka hanya ada 4 variabel yang diperhitungkan dalam simulasi ini. Untuk intensitas emisi SO₂ (β_2) menggunakan asumsi 0.710 t SO₂/t Ni, kemudian untuk stack emission (β_3) menggunakan asumsi 130 mg/m³, Intensitas curah hujan (β_4) menggunakan asumsi 250 mm/year, dan untuk emisi NO_x (β_5) menggunakan asumsi 20mg/m³. Dari tabel 4.10 hasil umur *coating design* disimulasikan lebih lanjut untuk melihat siklus proses *coating* untuk masing-masing area seperti yang terlihat pada Gambar 4.8

Table 4.11 Pengetesan Persamaan Regresi

Area	Intercept	Independent Variables					Coating Lifetime (Yrs)
		β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	
		0	0.710	130	250	20	
<i>Dryer</i>	-3.769	-8.0×10^{-04}	14.14	-2.1×10^{-02}	-	-	4.95
<i>KILN</i>	-3.042	-3.8×10^{-05}	11.06	-7.6×10^{-03}	3.2×10^{-03}	-	5.73
<i>Furnace</i>	-5.098	-3.4×10^{-03}	11.55	-	8.7×10^{-03}	-1.0×10^{-02}	6.23
<i>Converter</i>	-4.889	$+1.2 \times 10^{-04}$	12.79	5.8×10^{-03}	-	2.5×10^{-02}	6.73

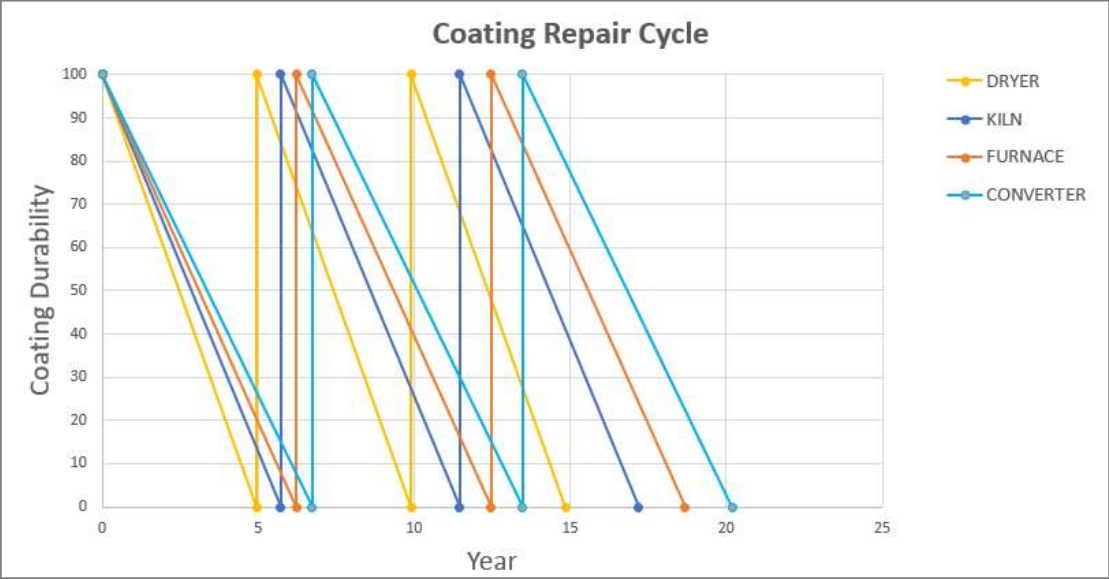
Note: β_1 = Underfilm condition (%), β_2 = SO₂ emission (t SO₂/t Ni), β_3 = Stack emission (mg/m³), β_4 = Rain intensity (mm/year), β_5 = NO_x emission (mg/m³)

Pada Tabel 4.11 diatas dapat terlihat area *Dryer* memiliki umur *coating* yang paling rendah diikuti dengan *KILN*, *Furnace*, dan *Converter*. Dari hasil persamaan tersebut diatas dapat terlihat meskipun aktivitas proses operasi yang menggunakan sulfur berfokus di area *KILN* namun area terdampak paling besar adalah area *Dryer*.

Hal ini disebabkan karena lokasi *stack* untuk area *KILN* berdekatan dengan area *Dryer* sehingga emisi gas buang lebih signifikan mempengaruhi area *Dryer* daripada area *KILN*. Hal ini terlihat juga untuk area *Furnace*, karena meskipun lokasi *furnace* sangat dekat dengan area *KILN* namun implikasi terhadap umur *coating* tidak terlalu besar karena posisi *stack Furnace* berada di area *Converter* sehingga umur *coating* di *furnace* sedikit lebih baik dari area *KILN*.

Simulasi dilanjutkan untuk melihat implikasi terhadap proses *maintenance* jika menggunakan asumsi persamaan pada Tabel 4.11. Pada gambar 4.8 dapat terlihat jika dengan asumsi proses *coating* dilakukan secara bersamaan pada masing masing area ditahun pertama maka akan terlihat siklus yang berbeda untuk masing masing area. Dengan simulasi tersebut diatas, dapat terlihat area *dryer* memiliki siklus yang paling singkat dan membutuhkan perbaikan secara berkala yang lebih cepat. Tingkat *variability* ini dapat menjadi masukan kedepan untuk tim *maintenance* PTVI untuk

melihat perbaikan yang berkelanjutan dalam melakukan perencanaan dan rekayasa desain.



Gambar 4.8 Simulasi Siklus Perbaikan *Coating* di area *Process Plant*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

PTVI *Process Plant* telah berdiri lebih dari 50 tahun dengan proses *flow* operasi yang tidak jauh berubah selama ini. Atmosfer lingkungan industrial di *process plant* yang agresif turut mempengaruhi umur *coating* dari struktur. Penggunaan analisa regresi dengan variabel independen dalam penelitian ini terbukti dapat diaplikasikan untuk melakukan evaluasi umur *coating*. Dari penelitian ini dapat disimpulkan menjadi beberapa item berikut dibawah:

1. Emisi SO₂, Stack, NO_x, dan Intensitas curah hujan memiliki efek yang signifikan terhadap umur *coating* di *process plant*.
2. Dari pemodelan persamaan regresi didapatkan bahwa emisi SO₂ dominan di semua area *Process Plant* namun area yang terdampak paling besar adalah area *Dryer* diikuti dengan *KILN*, *Furnace* dan *Converter*. Hal ini disebabkan karena perletakan stack dari fasilitas *Dryer* dan *KILN* berada di area *Dryer* sehingga meskipun proses produksi menggunakan sulphur terjadi di area *KILN* namun implikasi terbesar terjadi di *Dryer* karena posisi stack gas buang berada di area tersebut.
3. Dengan percobaan pemodelan regresi didapatkan rentang waktu kekuatan umur *coating* bertahan dalam rentang 4.9 hingga 6.7 tahun. Merujuk ke klasifikasi ISO 12944 bahwa nilai tersebut masuk kedalam rentang *coating* dengan kategori umur yang medium

5.2 Saran

PTVI *process plant* beroperasi dengan lebih dari 365 aset untuk memastikan proses pengolahan biji *ore* nickel dapat terlaksana dengan baik. Meskipun demikian untuk memastikan umur fungsi dari aset-aset tersebut perlu dilakukan tindakan preventif dan

prediktif dalam menjaga fungsi aset tersebut berjalan dengan baik. Proses analisa regresi ini dapat membantu tim *maintenance* untuk melakukan prediksi terhadap umur desain *coating* untuk struktur yang ada di area *process plant*. Namun dalam perencanaannya tetap diperlukan langkah preventif agar perbaikan yang berkelanjutan tetap dapat dilakukan disemua aset PTVI. Adapun beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan berdasarkan hasil analisa ini adalah sebagai berikut:

1. Rekayasa *Engineering* untuk spesifikasi *coating*: Emisi SO₂, Emisi NO_x, dan Emisi dari stack lainnya menjadi faktor yang mempercepat terjadinya kerusakan pada lapisan *coating* oleh karena itu untuk melakukan perbaikan yang berkelanjutan perlu dilakukan pemilihan penggunaan metode *coating* yang sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada di area *process plant*. Aplikasi *coating* hanyalah salah satu dari berbagai metode proteksi yang melindungi struktur dari agresifitas korosi dengan pemilihan metode yang tepat dan efisien dari sisi investasi harga dan waktu. Pemilihan desain yang tahan lama juga dapat mengurangi variasi dalam umur desain *coating* sehingga rentang waktu umur *coating* dapat ditingkatkan diatas desain yang ada saat ini.
2. Strategi *maintenance* dalam melakukan pekerjaan perbaikan *coating* juga perlu dipertimbangkan dari sisi efisiensi waktu, biaya dan efektifitasnya. Dengan melakukan standarisasi pada area-area yang spesifik untuk memastikan daya tahan pada aset aset di area yang kritikal dapat tetap terjaga dengan baik
3. Reduksi emisi di *Process Plant* PTVI adalah salah satu tujuan besar Vale global di tahun 2030 untuk menuju teknologi yang ramah lingkungan dan menunjukkan komitmen PTVI terhadap keberlangsungan PTVI di Indonesia. Dengan pengurangan emisi sesuai dengan standard Bank Dunia secara langsung akan memberikan dampak yang signifikan terhadap daya tahan *coating* pada aset-aset yang ada di *process plant* dan lingkungan sekitar.

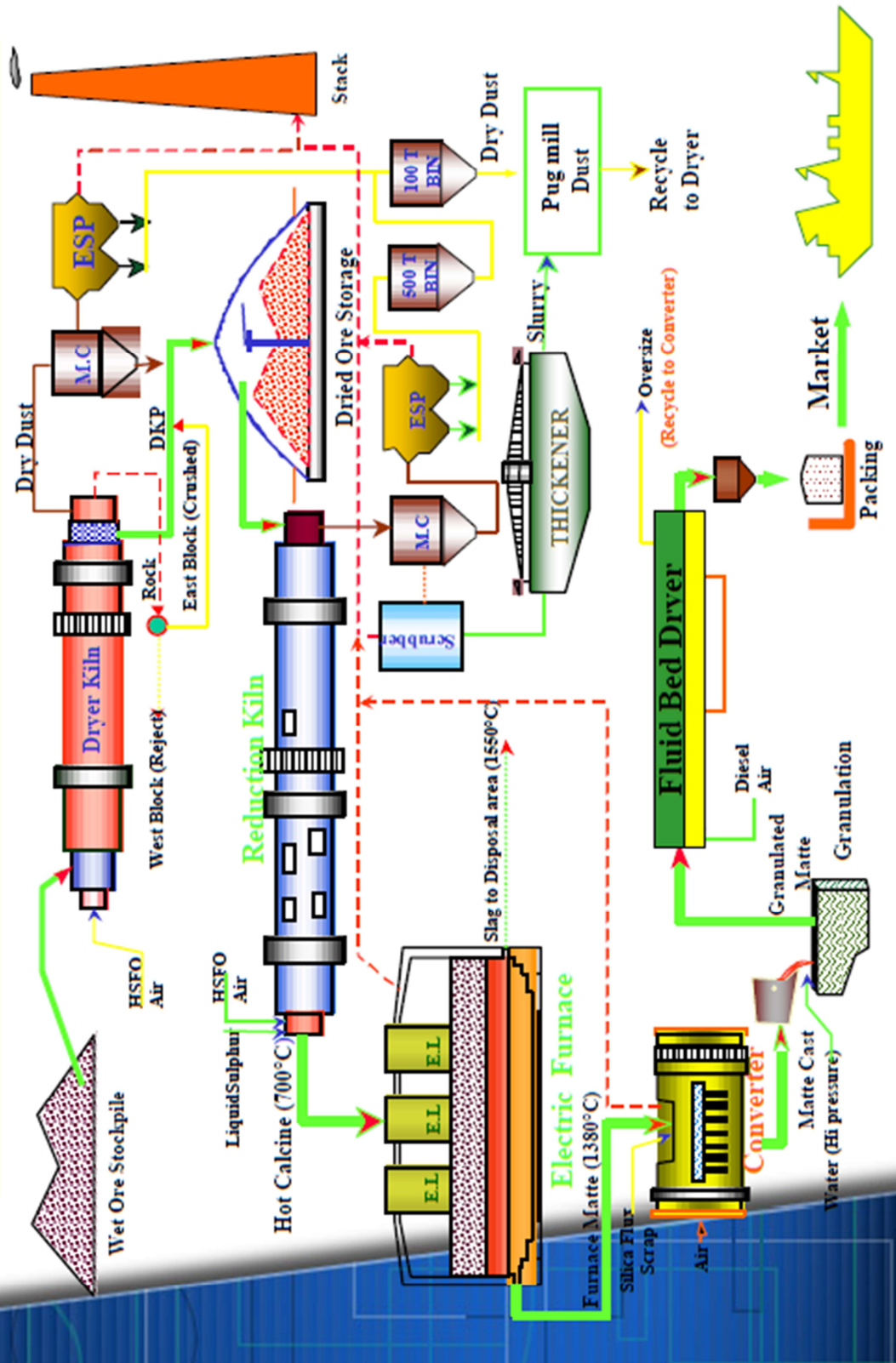
DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Agatha Popescu. (2015), *Multiple Correlation and Regression in Predicting Milk Price. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development Vol. 15 (4), 231-238*
- [2]. Carlos Arthur Ferreira. (2011), *Use of Analysis of Variance and Linear Regression as Prediction Tool for Mechanical Performance of SBR. Institute of Materials, Minerals and Mining 2011, 40 (01):38-45*
- [3]. Armstrong, J. S. (2011), *Illusions in Regression Analysis. International Journal of Forecasting (forthcoming), 28 (3): 689*
- [4]. Aji Rahmat Muhajir, Edi Sutoyo, Irfan Darmawan. (2019), *Forecasting Model Penyakit Demam Berdarah Dengue Di Provinsi DKI Jakarta Menggunakan Algoritma Regresi Linier Untuk Mengetahui Kecenderungan Nilai Variabel Prediktor Terhadap Peningkatan Kasus. Fountain of Informatics Journal, Vol 4 (02), 33-40*
- [5]. Steven F. Sawyer. (2009), *Analysis of Variance : The Fundamental Concepts. The Journal of Manual & Manipulative Therapy, Vol 17 (2), 27-38*
- [6]. Henry Leidheiser, Jr. (1982), *Corrosion of Painted metals – A Review , Vol 38 No7 374 – 383*
- [7]. Kenneth B. Tator, KTA-Tator Inc (2015), *Protective Organic Coatings - Coating Deterioration, ASM Handbook, Vol 5B 462 – 473*
- [8]. John C. Chambers, Satinder K. Mullick, Donald D. Smith (July 1971), *How to Choose the Right Forecasting Technique, Harvard Business Review*
- [9]. ISO Standard 12944, *Paints and Varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint system – Part 5: Protection paint system*
- [10]. AS/NZS 2312: 2002, *Guide to the protection of structural steel against atmospheric corrosion by the use of protective coatings*
- [11]. Asset Integrity Assessment Proyek (2012), *Final Assessment Report*

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 1
Simplified Flowsheet PTVI

Simplified PP Flow Sheet



LAMPIRAN 2
DATA COLLECTION – ALL PROCESS PLANT AREA

No.	Facilities	Aset	Location	Execution year	Coating Age	Under Film Condition (%)	SO2 Emission	Stack emission,mg/m3 (25OC,1 atm)
1	Dryer	D#1	Primary Bin north area	2011	9	50	1.099	125.26
2	Dryer	D#1	Primary bin south area	2011	9	33	1.099	125.26
3	Dryer	D#1	1st floor PC bin north area	2012	8	33	0.919	62.22
4	Dryer	D#1	1st floor PC bin south area	2012	8	16	0.919	62.22
5	Dryer	D#1	1st floor PC bin east area	2012	8	10	0.919	62.22
6	Dryer	D#1	2nd floor rotary dryer	2014	6	3	0.837	112.83
7	Dryer	D#1	2nd floor material reject conveyor south area	2011	9	33	1.099	125.26
8	Dryer	D#1	3rd Floor ESP	2011	9	33	1.099	125.26
9	Dryer	D#1	2nd floor material reject conveyor east area	2014	6	1	0.837	112.83
10	Dryer	D#2	2nd Floor material reject conveyor	2014	6	10	0.837	112.83
11	Dryer	D#1	1st floor material reject conveyor south area	2014	6	10	0.837	112.83
12	Dryer	D#2	1st floor material reject conveyor north area	2011	9	50	1.099	125.26
13	Dryer	D#2	1st floor material reject east area	2011	9	50	1.099	125.26
14	Dryer	D#2	1st floor rotary dryer	2014	6	1	0.837	112.83
15	Dryer	D#2	1st floor ESP south area	2014	6	3	0.837	112.83

16	Dryer	D#2	1st floor material conveyor west area	2014	6	1	0.837	112.83
17	Dryer	D#2	1st floor ESP north area	2011	9	80	1.099	125.26
18	Dryer	D#2	1st floor ESP west area	2011	9	0.3	1.099	125.26
19	Dryer	D#2	1st floor material reject conveyor north area	2011	9	50	1.099	125.26
20	Dryer	D#1	1st floor material reject conveyor north area	2011	9	10	1.099	125.26
21	Dryer	D#2	1st floor symon crusher north area	2012	8	10	0.919	62.22
22	Dryer	D#2	1st floor symon crusher west area	2012	8	33	0.919	62.22
23	Dryer	D#2	2nd floor symon crusher south stair	2012	8	10	0.919	62.22
24	Dryer	D#2	2nd floor symon crusher north area	2012	8	50	0.919	62.22
25	Dryer	D#2	2nd floor symon crusher east area	2012	8	10	0.919	62.22
26	Dryer	D#2	2nd floor symon crusher near stack area	2012	8	0.3	0.919	62.22
27	Dryer	D#3	1st floor ID Fan south area	2014	6	10	0.837	98.98
28	Dryer	D#3	1st floor ID fan north west	2014	6	1	0.837	98.98
29	Dryer	D#3	1st floor ESP north west	2015	5	10	0.793	92.30
30	Dryer	D#3	2nd floor ESP east	2015	5	10	0.793	92.30
31	Dryer	D#3	2nd floor ESP south	2015	5	0.03	0.793	92.30
32	Dryer	D#3	Dryer ore product conveyor support column structure	2014	6	33	0.837	98.98

33	Dryer	D#3	1st floor product ore building	2014	6	80	0.837	98.98
34	Dryer	D#3	1st floor support head pulley product ore building	2014	6	10	0.837	98.98
35	Dryer	D#3	2nd floor product ore building north area	2014	6	10	0.837	98.98
36	Dryer	D#3	Material reject ore support conveyer	2014	6	3	0.837	98.98
37	Dryer	D#3	1st floor product ore building west area	2014	6	10	0.837	98.98
38	Dryer	D#3	1st floor rotary dryer building west area	2014	6	0.1	0.837	98.98
39	Dryer	D#3	1st floor product ore building east area	2014	6	10	0.837	98.98
40	Dryer	D#3	Product conveyor platform structure low elv	2014	6	10	0.837	98.98
41	Dryer	D#3	1st floor Reject conveyor west area	2011	9	16	1.099	133.46
42	Dryer	D#3	1st floor mid west product ore building	2011	9	16	1.099	133.46
43	Dryer	D#3	1st floor reject conveyor north west area	2011	9	10	1.099	133.46
44	Dryer	D#3	1st floor apron feeder south east column	2015	5	0.1	0.793	92.30
45	Dryer	D#3	1st floor apron feeder south bracing	2014	6	30	0.837	98.98
46	Dryer	D#3	1st floor apron feeder stair structure tail pulley	2014	6	10	0.837	98.98

47	<i>Dryer</i>	D#3	low ground apron feeder	2015	5	3	0.793	92.30
48	<i>Dryer</i>	D#3	2nd floor apron feeder north column	2015	5	3	0.793	92.30
49	<i>Dryer</i>	D#3	1st floor apron feeder conveyor	2014	6	30	0.837	98.98
50	<i>Dryer</i>	D#3	2nd floor apron feeder south column	2014	6	30	0.837	98.98

No.	Facilities	Asset	Location	Execution year	Coating Age	Under Film Condition (%)	SO2 Emission	Rain Interval (mm/year)	Stack emission,mg/m3 (25OC,1 atm)
51	KILN	Kiln 5	Rotary Kiln 5 Bridge North East	2014	6	30	0.837	233	61.52
52	KILN	Kiln 5	Rotary Kiln 5 Bridge North West Bridge 4th Floor Stair	2014	6	10	0.837	233	61.52
53	KILN	Kiln 5	Rotary Kiln 5 South East Bridge, Cable Support	2014	6	0.1	0.837	233	61.52
54	KILN	Kiln 5	Rotary Kiln 5 South Mid Bridge	2014	6	0.3	0.837	233	61.52
55	KILN	Kiln 5	Rotary Kiln 5 South East 3rd Floor Stair	2014	6	0.3	0.837	233	61.52
56	KILN	Kiln 5	5th Floor Discharge End North East	2013	7	3	0.829	217	27.60
57	KILN	Kiln 5	5th Floor Discharge End South West	2013	7	16	0.829	217	27.60
58	KILN	Kiln 5	5th Floor Panel Support	2013	7	4	0.829	217	27.60
59	KILN	Kiln 5	5th Floor Chute Plateform East	2013	7	16	0.829	217	27.60
60	KILN	Kiln 5	3rd Floor North	2012	8	10	0.919	269	31.34
61	KILN	Kiln 5	3rd Floor South	2012	8	10	0.919	269	31.34
62	KILN	Kiln 5	1st Floor West	2012	8	11	0.919	269	31.34
63	KILN	Kiln 5	1st Floor North	2012	8	3	0.919	269	31.34
64	KILN	Kiln 5	1st Floor East	2012	8	3	0.919	269	31.34
65	KILN	Kiln 5	1st Floor West Stair Structure Near Blow Pot	2012	8	3	0.919	269	31.34

66	KILN	Kiln 5	1st Floor East Surge Bin Platform	2014	6	3	0.837	233	61.52
67	KILN	Kiln 5	1st Floor East Column Conveyor	2014	6	0.3	0.837	233	61.52
68	KILN	Kiln 5	3rd Floor ID Fan <i>Kiln</i>	2011	9	16	1.099	226	14.56
69	KILN	Kiln 5	1st Floor ID Fan	2011	9	16	1.099	226	14.56
70	KILN	Kiln 4	2nd Floor Orc Conveyor From DOS #2 Tail Pulley	2015	5	2	0.793	284	196.70
71	KILN	Kiln 4	2nd Floor Orc Conveyor From DOS #2 North Area	2015	5	66	0.793	284	196.70
72	KILN	Kiln 4	2nd Floor Orc Conveyor From DOS #2 South Ducting	2015	5	3	0.793	284	196.70
73	KILN	Kiln 4	Coal Conveyor North West Column near Screw Conv.	2015	5	3	0.793	284	196.70
74	KILN	Kiln 4	Coal Conveyor East Column Screw Conveyor	2015	5	10	0.793	284	196.70
75	KILN	Kiln 4	Coal Conveyor Column Cable Tray	2015	5	16	0.793	284	196.70
76	KILN	Kiln 4	Discharge End 2nd Floor South Column	2014	6	1	0.837	233	179.09
77	KILN	Kiln 4	Discharge End 3rd Floor North East Girder	2014	6	1	0.837	233	179.09
78	KILN	Kiln 4	Discharge End 4th Floor West Column	2014	6	16	0.837	233	179.09
79	KILN	Kiln 4	Bridge Discharge End to ESP South Area Bracing	2011	9	16	1.099	226	124.15

80	KILN	Kiln 4	Bridge Discharge End to ESP North Area Bracing	2011	9	30	1.099	226	124.15
81	KILN	Kiln 4	Rotary Kiln Discharge End	2011	9	30	1.099	226	124.15
82	KILN	Kiln 4	Discharge End East Chute Support	2011	9	3	1.099	226	124.15
83	KILN	Kiln 4	Rotary Kiln North West	2011	9	3	1.099	226	124.15
84	KILN	Kiln 4	Rotary Kiln South East	2011	9	3	1.099	226	124.15
85	KILN	Kiln 3	Discharge End 3rd Floor West Area	2012	8	33	0.919	269	14.97
86	KILN	Kiln 3	Discharge End 3rd Floor East Mid Platform	2012	8	1	0.919	269	14.97
87	KILN	Kiln 3	Discharge End 4th Feed Hopper 1 Platform	2012	8	0.3	0.919	269	14.97
88	KILN	Kiln 2	Discharge End 3rd Floor Feed Hopper 2	2012	8	1	0.919	269	15.86
89	KILN	Kiln 2	Discharge End 4th Floor Feed Hopper 2 Platform	2012	8	0.3	0.919	269	15.86
90	KILN	Kiln 2	Discharge End 3rd Floor Feed Hopper 3	2012	8	0.3	0.919	269	15.86
91	KILN	Kiln 2	Discharge End 3rd Floor Feed Hopper 1	2012	8	1	0.919	269	15.86
92	KILN	Kiln 3	Rotary Kiln East Structure	2012	8	0.1	0.919	269	14.97
93	KILN	Kiln 3	ESP 1st Floor West Column	2013	7	1	0.829	217	13.29
94	KILN	Kiln 3	ESP 1st Floor Mid Bracing	2013	7	1	0.829	217	13.29
95	KILN	Kiln 3	ESP East Cable Tray Support	2013	7	1	0.829	217	13.29
96	KILN	Kiln 3	ESP East Structure Blowpot Bassalt Pipe	2013	7	10	0.829	217	13.29

97	KILN	Kiln 2	ESP North East Pipe Support	2013	7	2	0.829	217	17.83
98	KILN	Kiln 2	ESP South Area	2013	7	33	0.829	217	17.83
99	KILN	Kiln 2	Discharge End 1st Floor North Area	2014	6	0.3	0.837	233	10.77
100	KILN	Kiln 2	Discharge End 1st Floor South Area	2014	6	0.3	0.837	233	10.77

No	Facilities	Asset	Location	Execution year	Coating Age	Under Film Condition (%)	SO2 Emission	Rain Interval (mm/year)	NOx (mg/m ³)
101	FURNACE	EF#4	4th floor west area column near hoist 5T	2014	6	0.03	0.837	233	42.521
102	FURNACE	EF#4	5th floor north west back stop girder	2014	6	0.3	0.837	233	42.521
103	FURNACE	EF#4	5th floor west area girder	2014	6	0.3	0.837	233	42.521
104	FURNACE	EF#4	5th floor north area column	2014	6	0.3	0.837	233	42.521
105	FURNACE	EF#4	5th floor west area column	2014	6	3	0.837	233	13.726
106	FURNACE	EF#2	2nd Tapping Cabin Stair	2011	9	50	1.099	226	8.759
107	FURNACE	EF#4	5th Floor south backstop girder	2015	5	0.03	0.793	284	6.132
108	FURNACE	EF#4	4th floor south east column	2013	7	3	0.829	217	6.763
109	FURNACE	EF#4	5th Floor south west area column	2013	7	3	0.829	217	6.763
110	FURNACE	EF#4	4th floor south west area column	2013	7	3	0.829	217	6.763
111	FURNACE	EF#4	5th floor west pilot ladder structure	2013	7	10	0.829	217	6.763
112	FURNACE	EF#4	5th floor south column near calcine crane	2012	8	10	0.919	269	5.640
113	FURNACE	EF#4	5th floor north column near calcine crane	2012	8	3	0.919	269	5.640
114	FURNACE	EF#3	5th floor west area above rotary kiln	2014	6	1	0.837	233	27.291
115	FURNACE	EF#3	5th floor mid area above rotary kiln	2014	6	10	0.837	233	27.291
116	FURNACE	EF#3	5th floor west area near HMC	2014	6	16	0.837	233	27.291
117	FURNACE	EF#3	5th floor sout west column	2014	6	10	0.837	233	27.291
118	FURNACE	EF#3	5th floor mid area near calcine crane	2014	6	3	0.837	233	42.521

119	<i>FURNACE</i>	EF#2	5th floor mid west column	2011	9	10	1.099	226	18.712
120	<i>FURNACE</i>	EF#2	5th floor column hoist 5T	2015	5	1	0.793	284	13.608
121	<i>FURNACE</i>	EF#2	5th floor mid column	2011	9	50	1.099	226	18.712
122	<i>FURNACE</i>	EF#2	5th floor south mid column	2011	9	16	1.099	226	18.712
123	<i>FURNACE</i>	EF#2	5th floor north mid column	2013	7	16	0.829	217	28.886
124	<i>FURNACE</i>	EF#2	2nd floor pipe structure	2011	9	80	1.099	226	18.712
125	<i>FURNACE</i>	EF#1	5th floor east area near calcine crane	2014	6	33	0.837	233	13.726
126	<i>FURNACE</i>	EF#1	5th Floor, structure 6th floor ladder near calcine crane	2014	6	1	0.837	233	13.726
127	<i>FURNACE</i>	EF#1	5th Floor south west area column	2014	6	1	0.837	233	13.726
128	<i>FURNACE</i>	EF#1	5th floor west area back stop girder	2014	6	3	0.837	233	13.726
129	<i>FURNACE</i>	EF#1	5th floor north area near hoist 20T	2014	6	16	0.837	233	19.486
130	<i>FURNACE</i>	EF#2	5th floor north east near HMC	2014	6	3	0.837	233	13.726
131	<i>FURNACE</i>	EF#2	4th floor mid east near HMC	2011	9	50	1.099	226	7.722
132	<i>FURNACE</i>	EF#2	4th floor above rotary kiln	2011	9	80	1.099	226	7.722
133	<i>FURNACE</i>	EF#2	4th floor mid area column	2012	8	0.3	0.919	269	8.460
134	<i>FURNACE</i>	EF#2	4th floor south east near HMC	2012	8	16	0.919	269	8.460
135	<i>FURNACE</i>	EF#3	4th floor west mid bracing	2012	8	16	0.919	269	5.640
136	<i>FURNACE</i>	EF#3	3rd floor west mid bracing	2012	8	3	0.919	269	5.640
137	<i>FURNACE</i>	EF#3	3rd floor east near HMC	2012	8	3	0.919	269	5.640
138	<i>FURNACE</i>	EF#3	3rd floor mid column pipe support structure	2014	6	3	0.837	233	19.486
139	<i>FURNACE</i>	EF#3	3rd floor near rotary kiln	2013	7	10	0.829	217	9.648
140	<i>FURNACE</i>	EF#3	2nd Floor Tapping Cabin	2011	9	80	1.099	226	8.759
141	<i>FURNACE</i>	EF#4	2nd Floor Tapping Cabin	2011	9	80	1.099	226	18.712
142	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor mid structure	2012	8	0.03	0.919	269	25.693

143	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor east bracing near hot metal crane	2012	8	10	0.919	269	25.693
144	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor mid west bracing near hoist 5T	2012	8	10	0.919	269	25.693
145	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor structure near tray cable	2012	8	10	0.919	269	25.693
146	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor north west column	2012	8	10	0.919	269	25.693
147	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor mid west column	2012	8	10	0.919	269	25.693
148	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor column under rotary <i>kiln</i>	2012	8	10	0.919	269	25.693
149	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor bracing under rotary <i>kiln</i>	2012	8	16	0.919	269	25.693
150	<i>FURNACE</i>	EF#4	3rd floor mid platform structure near rotary <i>kiln</i>	2012	8	80	0.919	269	25.693

No	Facilities	Asset	Location	Execution year	Coating Age	Under Film Condition (%)	SO2 Emission	Stack emission,mg/m3 (250C,1 atm)	NOx (mg/m3)
151	CONVERTER	Converter 2	2nd Floor North East, Beam Column	2015	5	3	0.793	62.447	6.132
152	CONVERTER	Converter 2	2nd Floor Near Baghouse, Column	2015	5	3	0.793	62.447	6.132
153	CONVERTER	Converter 2	2nd Floor Mid West, Bracing	2015	5	1	0.793	62.447	6.132
154	CONVERTER	Converter 2	2nd Floor Near HMC	2015	5	0.3	0.793	62.447	6.132
155	CONVERTER	Converter 2	2n Floor South Area	2015	5	19	0.793	62.447	6.132
156	CONVERTER	Converter 3	2nd Floor Mid East, Beam	2012	8	16	0.919	116.956	5.640
157	CONVERTER	Conveter 3	2nd Floor South	2012	8	16	0.919	116.956	5.640
158	CONVERTER	Conveter 3	2nd Floor North Near HMC , Bracing	2012	8	5	0.919	125.299	6.737
159	CONVERTER	Conveter 3	2nd Floor South Near HMC , Bracing	2012	8	1	0.919	125.299	6.737
160	CONVERTER	Converter 2	4th Floor North East, Baghouse Stair	2014	6	0.03	0.837	79.306	19.486
161	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor North , Near HMC	2014	6	20	0.837	79.306	19.486
162	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor Ducting Support	2014	6	0.03	0.837	79.306	19.486
163	CONVERTER	Converter 2	4th Floor South East Baghouse Stair	2014	6	3	0.837	79.306	19.486
164	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor Mid East Structure	2014	6	50	0.837	157.319	27.291
165	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor Flux Bin 1 Support	2014	6	1	0.837	157.319	27.291
166	CONVERTER	Converter 3	3rd Floor Structure and Ducting Support	2014	6	10	0.837	157.319	27.291
167	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor Mid Near HMC	2014	6	3	0.837	157.319	27.291
168	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor South Stair	2014	6	1	0.837	157.319	27.291

169	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor South Near HMC	2014	6	10	0.837	157.319	27.291
170	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor Mid Column Structure	2014	6	5	0.837	157.319	27.291
171	CONVERTER	Converter 2	3rd Floor Mid Stair Girder	2014	6	1	0.837	157.319	27.291
172	CONVERTER	Converter 2	1st Floor Mid Structure	2014	6	16	0.837	157.319	27.291
173	CONVERTER	Converter 2	3rd North Flux Bin 2 Support	2014	6	1	0.837	40.042	13.726
174	CONVERTER	Converter 2	1st Floor Mid East Structure, Column Near Stair	2014	6	20	0.837	40.042	13.726
175	CONVERTER	Converter 2	1st Floor Pipe Support & Cable	2014	6	20	0.837	40.042	13.726
176	CONVERTER	Converter 3	1 st Floor Mid area Structure near HMC Furnace	2014	6	50	0.837	40.042	27.291
177	CONVERTER	Converter 2	1st Floor Ducting Support	2011	9	50	1.099	64.068	7.722
178	CONVERTER	Converter 3	1st Floor East Support Structure Near Road	2011	9	50	1.099	64.068	19.486
179	CONVERTER	Converter 2	1st Floor Baghouse Stair Structure	2011	9	3	1.099	64.068	7.722
180	CONVERTER	Converter 3	1st Floor Cable Pipe Support near cooling tower	2011	9	50	1.099	64.068	19.486
181	CONVERTER	Converter 3	1st Floor North West Bracing near Baghouse	2011	9	33	1.099	64.068	19.486
182	CONVERTER	Converter 3	1st Floor Cooling Tower Structure	2011	9	33	1.099	64.068	19.486
183	CONVERTER	Converter 3	1st Floor Baghouse Structure	2011	9	50	1.099	64.068	19.486
184	CONVERTER	Converter 3	1st Floor Pipe Rack	2011	9	16	1.099	64.068	19.486
185	CONVERTER	Converter 3	1st Floor South Mid area	2011	9	16	1.099	64.068	19.486
186	CONVERTER	Converter 4	1st Floor North East Baghouse	2014	6	35	0.837	157.319	27.291
187	CONVERTER	Converter 4	1st Floor Cable rack support near road	2014	6	70	0.837	157.319	27.291
188	CONVERTER	Converter 4	1st Floor Ducting Support	2014	6	70	0.837	157.319	27.291
189	CONVERTER	Converter 4	1st Floor Pipe Support & Cable	2014	6	3	0.837	157.319	27.291

190	CONVERTER	Converter 4	1st Floor Converter Building Mid South Area	2014	6	3	0.837	157.319	27.291
191	CONVERTER	Converter 4	1st Floor Converter Building South Area	2014	6	6	0.837	157.319	27.291
192	CONVERTER	Converter 4	2nd Floor Broom Wide and Add Conveyoer	2014	6	33	0.837	157.319	27.291
193	CONVERTER	Converter 4	2nd Floor Converter Building North West	2014	6	3	0.837	157.319	27.291
194	CONVERTER	Converter 4	2nd Floor Converter Building South Mid Area	2014	6	3	0.837	157.319	27.291
195	CONVERTER	Converter 4	2nd Floor Converter North Near HMC	2014	6	70	0.837	157.319	27.291
196	CONVERTER	Converter 4	4th Floor North West Area, Near HMC	2014	6	33	0.837	157.319	27.291
197	CONVERTER	Converter 4	4th Floor Ducting Support North West	2014	6	10	0.837	157.319	27.291
198	CONVERTER	Converter 4	4th Floor Mid West Area Near HMC	2014	6	3	0.837	157.319	27.291
199	CONVERTER	Converter 4	4th Baghouse North East Area	2014	6	1	0.837	157.319	27.291
200	CONVERTER	Converter 4	4th Floor Baghouse Sout East Area	2014	6	30	0.837	157.319	27.291

LAMPIRAN 3

ANALISA REGRESI – ALL PROCESS PLANT AREA

DRYER AREA

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.98873189
R Square	0.977590751
Adjusted R Square	0.976129278
Standard Error	0.228289552
Observations	50

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	3	104.5826585	34.86088617	668.9079428	6.24328E-38
Residual	46	2.397341489	0.052116119		
Total	49	106.98			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-3.769105731	0.277959574	-13.55990615	1.10597E-17	-4.328609333	-3.209602128
Under Film Condition (%)	-0.000800731	0.001854235	-0.431839189	0.667875751	-0.004533112	0.00293165
SO2 Emission	14.1472052	0.361822943	39.09980134	6.0485E-37	13.41889339	14.87551701
Stack emission,mg/m3 (25OC,1 atm)	-0.021187975	0.001704929	-12.42748062	2.62925E-16	-0.02461982	-0.017756131

KILN AREA

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.958600232
R Square	0.918914405
Adjusted R Square	0.911706797
Standard Error	0.382699103
Observations	50

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	4	74.68936284	18.67234071	127.4922761	6.12638E-24
Residual	45	6.590637158	0.146458604		
Total	49	81.28			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-3.042705496	0.807507945	-3.768019267	0.000476131	-4.669109985	-1.416301007
Under Film Condition (%)	-3.88888E-05	0.004479	-0.008682477	0.993110851	-0.009060058	0.00898228
SO2 Emission	11.06260604	0.560115671	19.75057405	8.41258E-24	9.934475165	12.19073691
Rain Interval (mm/year)	0.003214025	0.002334641	1.376667798	0.175426211	-0.001488183	0.007916233
Stack emission,mg/m3 (25OC,1 atm)	-0.007626821	0.000869763	-8.768846051	2.69462E-11	-0.009378615	-0.005875028

FURNACE AREA

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.911541873
R Square	0.830908587
Adjusted R Square	0.815878239
Standard Error	0.525959648
Observations	50

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	61.17149017	15.29287254	55.28205979	8.45475E-17
Residual	45	12.44850983	0.276633552		
Total	49	73.62			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-5.09860994	1.288097563	-3.958248263	0.000265562	-7.692971607	-2.504248274
Under Film Condition (%)	0.003406969	0.00461796	-0.737764806	0.464487361	-0.012708018	0.005894081
SO2 Emission	11.55593538	1.124764401	10.27409417	2.21401E-13	9.290543587	13.82132717
Rain Interval (mm/year)	0.008718673	0.003617847	2.409906401	0.020107223	0.001431955	0.016005391
NOx (mg/m3)	0.010524727	0.006875478	-1.530762859	0.132828302	-0.024372651	0.003323197

CONVERTER AREA

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.978402413
R Square	0.957271281
Adjusted R Square	0.953473172
Standard Error	0.282418618
Observations	50



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	4	80.41078759	20.1026969	252.0389594	3.50045E-30
Residual	45	3.589212409	0.079760276		
Total	49	84			



	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-4.88992891	0.448854289	-10.8942457	3.32197E-14	-5.793967855	-3.985889965
Under Film Condition (%)	0.000128754	0.002133095	0.060360175	0.952136054	-0.00416752	0.004425028
SO2 Emission	12.7963908	0.45162133	28.33433665	2.48044E-30	11.88677875	13.70600285
Stack emission,mg/m3 (250C,1 atm)	0.00587747	0.00127448	4.611660115	3.31095E-05	0.003310535	0.008444404
NOx (mg/m3)	-0.025595904	0.00683688	-3.743799107	0.000512439	-0.039366086	-0.011825721



LAMPIRAN 4



Contoh QC report - Coating Thickness di area Process Plant



<p>1</p> 	<p>CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT</p>	<p>Report No :</p>
	<p>AGED COATING INSPECTION REPORT</p>	<p>Page :</p>
<p>Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.</p>	<p>Location : AREA DRYER Primary Fan D#1, D#2 (S1) Ref. Dwg: -</p>	<p>Reference standard Code: ASTM D5065</p>
		<p>Date: Time: Daytime</p> <p>Ambient Temperature: 25 °C</p> <p>EWP No: SIDB300415</p> <p>Execution year: -2011</p>

	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA DRYER PC Bin D#1, D#2 (S3) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 24 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2012


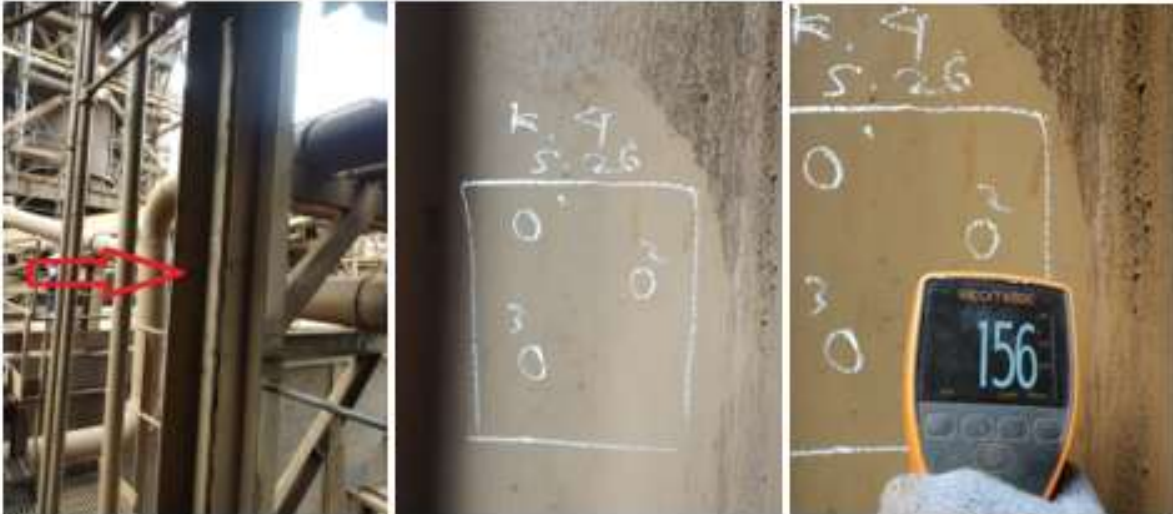
	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA DRYER Symon Crusher D#1, D#2 (S21) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 24 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2012



	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA DRYER ID Fan D#3 (S21) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 24 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2012



	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA DRYER Product And Reject Conveyor D#3 (S31) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2015

	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report <u>No.:</u>
	AGED COATING INSPECTION REPORT	<u>Page:</u>
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	<u>Location:</u> AREA KILN #2, #3 DISCHARGE END LT. 3 (S35) <u>Ref. Dwg:</u> -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2012



	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report <u>No.:</u>
	AGED COATING INSPECTION REPORT	<u>Page:</u>
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	<u>Location:</u> AREA KILN #2, #3 ESP LT. DASAR (S44) <u>Ref. Dwg:</u> -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2013



	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report <u>No.:</u>
	AGED COATING INSPECTION REPORT	<u>Page:</u>
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	<u>Location:</u> AREA KILN #4 DISCHARGE END (S26) <u>Ref. Dwg:</u> -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 26 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2014



	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report <u>No.:</u>
	AGED COATING INSPECTION REPORT	<u>Page:</u>
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA KILN STRUCTURE ORE CONVEYOR FROM DOS #2 LT.2 (S20) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 26 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2015



	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report <u>No</u> :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	<u>Page</u> :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	<u>Location</u> : AREA KILN #5 DISCHARGE END LT.3 (S10) <u>Ref. Dwg</u> : -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2012


	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA FURNACE #1 LT.5 (S25) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 29 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2014



	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA FURNACE #2 LT.4 (S30) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 28 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2014


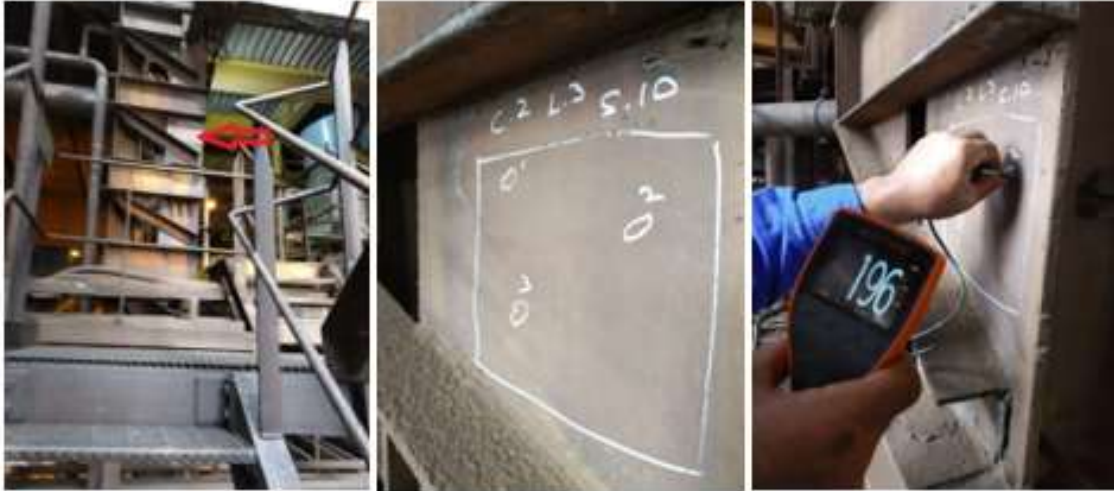
	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA FURNACE #2 LT.5 (S19) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2010

	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA FURNACE #3 LT.3 (S35) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2012



	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA FURNACE #4 LT.5 (S1) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2014

	<p>CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT</p>	Report No :
	<p>AGED COATING INSPECTION REPORT</p>	Page :
<p>Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.</p>	<p>Location : AREA CONVERTER #2 LT. 1 (S22) Ref. Dwg: -</p>	<p>Reference standard Code: ASTM D5065</p>
		<p>Date: Time: Daytime</p> <p>Ambient Temperature: 24 °C</p> <p>EWP No: SIDB300415</p> <p>Execution year: -2014</p>

	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA CONVERTER #2 LT.2 (S1) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 24 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2015

	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA CONVERTER #2 LT.3 (S10) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2014

	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA CONVERTER #3 LT.1 (S25) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2014

	CAPITAL & PLANNING MANAGEMENT DEPARTEMENT	Report No :
	AGED COATING INSPECTION REPORT	Page :
Project: UTL_Main Fire Process Water Repl.	Location : AREA CONVERTER #3 LT.2 (S6) Ref. Dwg: -	Reference standard Code: ASTM D5065
		Date: Time: Daytime Ambient Temperature: 25 °C EWP No: SIDB300415 Execution year: -2012