

KARAKTERISASI DAN ANALISA KOROSI PADA PIPA STEAM

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Program Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung

Disusun Oleh:
Ryanda Indra Abdu
(13.3030149)



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2019**

KARAKTERISASI DAN ANALISA KOROSI PADA PIPA STEAM

*Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi
Ketentuan kurikulum Jurusan Teknik Mesin Universitas Pasundan*

Disusun Oleh :

Ryanda Indra Abdu Siregar (133030.149)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

IR. Bukti Tarigan, MT

IR. Rachmat Hartono, MT



ABSTRAK

Perkembangan Industri yang bergerak maju dengan pesat, akan menuntut penyediaan energi yang cukup besar pula, terlebih lagi pada negara-negara berkembang. Pembangkit tenaga listrik merupakan salah satu penyedia yang memiliki kontribusi yang sangat penting di antara penunjang-penunjang energi lain. Kebutuhan energi listrik sebagai penunjang pembangunan pada abad ke 20 meningkat dengan pesat, yaitu sekitar 15-17% per tahun. Oleh karena itu upaya diversifikasi energi untuk memanfaatkan seluruh sumber daya alam sudah merupakan hal yang mendesak terlebih dengan semakin terbatasnya cadangan minyak bumi. Salah satu energi alternatif yang mempunyai potensi cukup besar di Indonesia, yaitu sekitar 16.000 MW, adalah energi panas bumi. Pipa steam merupakan salah satu instrument penting pada PLTP untuk mengalirkan fluida dari sumur uap menuju turbin, mengubah energi potensial menjadi energi mekanik yang mengakibatkan dorongan yang dapat menggerakkan sudu turbin dan langsung diubah menjadi energi listrik dengan generator. Akan tetapi seringkali terjadi masalah pada pipa steam (uap) menjadi kendala tersendiri bagi setiap unit pada PLTP, salah satu masalah yang terjadi adalah korosi yang timbul pada dinding pipa yang menyebabkan terjadinya kebocoran hingga ledakan, dikarenakan korosi tidak dapat dihindari. Maka daripada itu analisa korosi dilakukan pada pipa steam untuk mengetahui penyebab terjadinya korosi pada dinding pipa, menentukan jenis korosi serta penanggulangan yang tepat yang harus dilakukan untuk memperpanjang umur pipa. Hasil yang didapat dari penelitian, maka diperoleh kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro, jenis pipa steam adalah baja karbon rendah kandungan karbon 0,194 % dengan standart *ASTM A381* yang memiliki fasa ferrite dan pearlite yang memiliki kandungan Menurut grafik hasil pengujian pengujian kekerasan diidentifikasi terjadi penurunan kekuatan Tarik pada pipa steam akibat terjadinya korosi. menurut hasil pengujian metalografi mikroskopik bahwa pipa steam diproduksi dengan proses welding dan pengerolan dari material sebelumnya berbentuk plat.

Kata kunci pipa steam

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah mencurahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Kegiatan Tugas Akhir ini. merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Program Strata 1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung, sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan oleh institusi.

Atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan baik secara langsung maupun tidak langsung selama tugas akhir sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik, penulis menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Yang selalu membimbing penulis dalam setiap pembelajaran yang dilakukan.
2. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan do'a dan dukungannya baik moril maupun materil.
3. Bapak Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG.
4. Bapak IR. Bukti Tarigan, MT., selaku pembimbing I Tugas Akhir dari UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG
5. Bapak IR. Rachmat Hartono, MT., pembimbing II Tugas Akhir dari UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG.
6. Seluruh dosen dan karyawan JURUSAN TEKNIK MESIN, UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG.
7. Teman-teman yang senantiasa memberikan dorongan semangat.

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis masih membutuhkan kritik dan saran yang membangun, untuk perbaikan penulisan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Bandung, Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KARAKTERISASI DAN ANALISA KOROSI PADA PIPA STEAM	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II	
2.1 Pengertian Pipa	6
2.2 Fungsi Pipa	6
2.3 Material Pipa.....	7
2.3.1 Seamless Pipe	7
2.3.2 Butt-Welded Pipe Atau Straight Welded Pipe.....	8
2.3.3 Spiral Welded Pipe	9
2.4 Pipa Uap (<i>Steam Pipes</i>)	10
2.5 Korosi	11
2.5.1 Faktor yang Mempengaruhi Korosi.....	11
2.5.2 Mekanisme Korosi.....	14
2.5.3 Jenis - Jenis Korosi	15
2.5.4 Perlindungan Terhadap Korosi	20
2.6 Baja.....	23
2.6.1 Klasifikasi Baja Karbon (<i>Carbon Steel</i>).....	23
2.6.2 Baja Paduan (<i>Alloy Steel</i>)	24
2.6.3 Pengaruh Unsur Paduan Pada Baja.....	24
2.7 Diagram Fasa Besi Karbon (Fe_3C)	26
2.8 Karakterisasi bahan logam.....	28
2.8.1 Sifat Mekanis	28
2.8.2 Sifat Fisik	30
2.8.3 Sifat Pengerjaan Atau Teknologis	30
2.8.4 Sifat Kimia.....	31

2.9 Pengujian Desruktif	31
2.9.1 Metalografi	31
2.9.2 Pengujian Kekerasan	33
2.9.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)	34
BAB III	
3.1 Diagram Alir Penelitian	37
3.2 Pengujian Metalografi	38
3.3 Pengujian Kekerasan	46
3.4 Pengujian Komposisi Kimia	48
3.5 Pengujian SEM & EDX	49
3.5.1 Pengujian SEM	50
3.5.2 Data pengujian EDX	52
BAB IV	
4.1 Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro	53
4.2 Analisa Pengujian Kekerasan	56
4.3 Analisa Uji Komposisi Kimia Pipa Steam	57
4.4 Identifikasi Kadar Karbon Pada Pipa Steam Bekas	57
4.5 Analisa Pengujian SEM	59
4.6 Analisis Pengujian EDX	59
BAB V	
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	I

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	2
Gambar 1.2 Diffuser unit A2	3
Gambar 1.3 Bagian diffuser a1 dan a2 pada instalasi terkorosi	3
Gambar 2.1 Sistem Perpipaan Dalam Industri Migas	6
Gambar 2.2 Jenis-Jenis Pipa	7
Gambar 2.3 Besi Pejal (Billet).....	7
Gambar 2.4 Pembuatan Tanpa Join	8
Gambar 2.5 Butt-Welded Pipe.....	8
Gambar 2.6 Straight Welded Pipe	9
Gambar 2.7 Spiral Welded Pipe	9
Gambar 2.8 Saluran Pipa Steam Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	10
Gambar 2.9 Mekanisme Korosi.....	15
Gambar 2.10 Korosi Merata Pada Logam	15
Gambar 2.11 Tabel Galvanik.....	16
Gambar 2.12 Korosi Galvanik Pada Batu Batrai.....	17
Gambar 2.13 Korosi Celah Pada Baut	17
Gambar 2.14 Korosi Sumuran Pada Bak Mandi	18
Gambar 2.15 Korosi Erosi Pada Pipa Air Laut.....	19
Gambar 2.16 Korosi Retak Pada Pipa	19
Gambar 2.17 Diagram Fasa Fe ₃ C	27
Gambar 2.18 Pengujian Vickers	33
Gambar 2.19 Pengujian SEM	34
Gambar 2.20 Prinsip Kerja Uji SEM.....	35
Gambar 2.21 Prinsip Kerja EDX	35
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	37
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengujian Metalografi	38
Gambar 3.3 Skematis Pengambilan Sample Uji Pipa Steam.....	39
Gambar 3.4 Skematis Pembungkahan Spesimen Mounting.....	39
Gambar 3.5 Mesin Poles.....	39
Gambar 3.6 Proses Pengampelasan	40
Gambar 3.7 Pasta Al ₂ O ₃	40
Gambar 3.8 Proses Pemolesan.....	41
Gambar 3.9 Asam Nitric.....	41
Gambar 3.10 Mikroskop Optik.....	42
Gambar 3.11 Struktur Mikro Arah Longitudinal Bagian Dalam Pipa	43
Gambar 3.12 Struktur Mikro Arah Transversal Bagian Dalam.....	43
Gambar 3.13 Struktur Mikro Arah Longitudinal Bagian Tengah	44
Gambar 3.14 Struktur Mikro Arah Transversal Bagian Tengah	44
Gambar 3.15 Struktur Mikro Arah Longitudinal Bagian Luar.....	45
Gambar 3.16 Struktur Mikro Arah Transversal Bagian Luar.....	45
Gambar 3.17 Mesin Uji Keras	46
Gambar 3.18 Skematis Titik Uji Kekerasan	47
Gambar 3.19 ARL 3460 Optical Emission Spectrometer	48
Gambar 3.20 Mesin Uji SEM SU3500 Scanning Electron Microscope.....	50
Gambar 3.21 Hasil Pengujian Sem Bagian Pipa Steam Bagian Dalam Pipa	51
Gambar 3.22 Hasil Pengujian Sem Bagian Pipa Steam Bagian Luar Pipa	51
Gambar 3.23 Grafik Hasil Pengujian Edx Bagian Dalam Pipa Steam	52
Gambar 3.24 Grafik Hasil Pengujian Edx Bagian Luar Pipa Steam	52

Gambar 4.1 Struktur Mikro Pada Bagian Dalam Pipa Arah Longitudinal Dan Transversal . 53
Gambar 4.2 Skematis Dan Struktur Mikro Tengah Longitudinal Dan Transversal 54
Gambar 4.3 Skematis Dan Struktur Mikro Luar Longitudinal Dan Transversal 55
Gambar 4.4 Skematis Titik Uji Keras 56
Gambar 4.5 Grafik Harga Kekerasan Dari Pipa Steam Yang Telah Terkorosi..... 56
Gambar 4.6 Pengujian Kuantitatif Kadar Karbon Pipa Steam 58



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Vickers Pada Sample Pipa Steam yang Telah Terkorosi	47
Tabel 3.2 Komposisi Kimia Pipa Steam (Bekas)	48
Tabel 4.1 Pengujian Metode Kuantitatif	58



BAB I

PENDAHULUAN

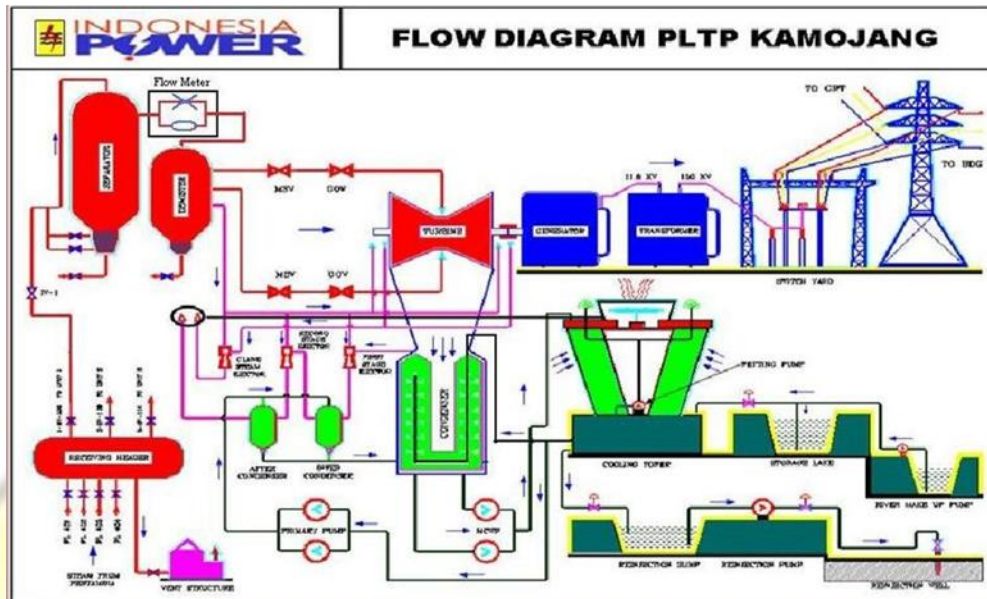
1.1 Latar Belakang

Perkembangan Industri yang bergerak maju dengan pesat, akan menuntut penyediaan energi yang cukup besar pula, terlebih lagi pada negara-negara berkembang. Pembangkit tenaga listrik merupakan salah satu penyedia yang memiliki kontribusi yang sangat penting di antara penunjang-penunjang energi lain. Kebutuhan energi listrik sebagai penunjang pembangunan pada abad ke 20 meningkat dengan pesat, yaitu sekitar 15-17% pertahun. Maka dari itu upaya diversifikasi energi untuk memanfaatkan seluruh sumber daya alam sudah merupakan hal yang mendesak terlebih dengan semakin terbatasnya cadangan minyak bumi. Salah satu energi alternatif yang mempunyai potensi cukup besar di Indonesia, yaitu sekitar 16.000 MW, adalah energi panas bumi. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (*Geothermal*) yang kita sebut dengan PLTP adalah sebuah instalasi yang merubah energi panas menjadi energi listrik. PLTP memanfaatkan uap hasil dari panas bumi yang kemudian ditampung didalam *Steam Receiving Header*, dibuang kotorannya dan dikeringkan sebelum digunakan untuk memutar turbin dan generator lalu merubahnya menjadi energi listrik. Secara keseluruhan sistemnya sangat mirip dengan pembangkit listrik tenaga uap atau PLTU yang menggunakan bahan bakar batu bara ataupun diesel, hanya saja pada PLTP ini uap yang dihasilkan terbentuk secara alami oleh panas yang dihasilkan bumi. PLTP adalah salah satu pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar yang terbaharukan. Dari segi pengoperasian, unit PLTP juga lebih mudah dan cepat daripada PLTU konvensional. Indonesia yang kaya dengan wilayah gunung berapi, memiliki potensi panas bumi yang dapat dimanfaatkan sebesar 16.035 MW.

Pemanfaatan energi panas bumi yang ideal adalah jika panas bumi yang keluar dari perut bumi berupa uap kering, sehingga dapat digunakan langsung untuk menggerakkan turbin generator listrik. Namun uap kering yang demikian ini jarang ditemukan termasuk di Indonesia dan pada umumnya uap yang keluar berupa uap basah yang mengandung sejumlah air yang harus dipisahkan terlebih dulu sebelum digunakan untuk menggerakkan turbin.

Salah satunya PLTP kamojang yang dalam pengoperasiannya memiliki beberapa instalasi tertentu dari memisahkan uap dan air sehingga menghasilkan uap kering sampai menjadi energi listrik, dari instalasi tersebut melewati beberapa komponen utama terdiri dari *Steam Receiving Header, Vent Structure, Separator, Demister, Turbin, Generator, Kondensor, Main Cooling Water Pump (MCWP), Cooling Tower*. Dari keseluruhan komponen itu dihubungkan menggunakan

berbagai macam jenis pipa salah satu jenisnya ialah pipa steam yang berfungsi mengalir fluida uap dari panas bumi menuju turbin agar dapat di konversikan menjadi daya penggerak sehingga turbin dapat menghasilkan energi listrik.



Gambar 1.1 Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Pada gambar diatas dapat dilihat uap dialirkan dari sumur uap dengan pipa steam menuju steam receiving header sebagai penampung uap yang dilengkapi dengan *vent structure* berguna untuk membuang tekanan yang dihasilkan uap agar tidak melebihi kapasitas steam *receiving header*. Kemudian uap yang dialirkan dari sumur produksi masih mengandung partikel silika, zat padat, serta bintik-bintik air yang masih tercampur di dalamnya. Untuk itu, separator berfungsi memisahkan uap dari zat-zat tersebut. Setelah melewati *separator*, ternyata uap harus di-treatment di dalam *demister*. Agar uap tersebut dipisahkan dari butir-butir air, sehingga uap yang masuk turbin adalah uap kering. Uap yang telah melalui separator dan *demister*, tersebut kemudian akan memutar poros turbin yang dikopel dengan generator sehingga menghasilkan listrik. Generator merupakan mesin listrik yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. *Turbin* merupakan penggerak mula (*prime mover*), melalui proses induksi elektro magnet di dalam *generator*, putaran turbin dapat diubah menjadi energi listrik. Tenaga listrik yang dibangkitkan generator sebenarnya dapat langsung digunakan, akan tetapi untuk penggunaan jarak jauh, hal ini tidaklah menguntungkan. Maka digunakan *trafo/transformator* yang berfungsi untuk menaikkan (*step up*) tegangan. Fluida yang keluar dari *turbin* masuk ke kondensor merupakan uap yang sebagian besar bercampur dengan air dan ada pula *non condensable gas* (NCG). NCG ini merupakan gas yang terbawa dari dalam bumi dan tidak dapat terkondensasi yang nantinya akan

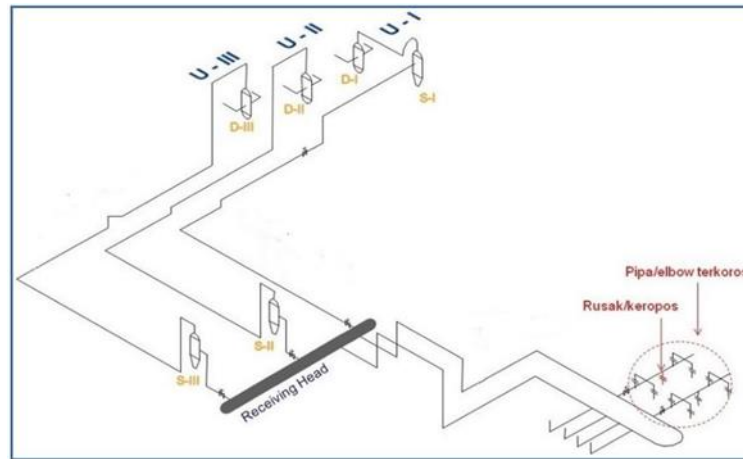
melewati serangkaian sistem ekstraksi gas dan keluar melalui *cooling tower*. *Main Cooling Water Pump* (MCWP) merupakan pompa pendingin utama yang berfungsi untuk memompakan air kondensat dari kondensor ke *cooling tower* untuk didinginkan. Temperatur air keluaran kondensor sebesar 50°C kemudian didinginkan di *cooling tower* sehingga temperaturnya turun menjadi 26-27 °C.

Dalam pengoperasiannya terdapat beberapa komponen utama pembangkit yaitu : *Steam Receiving Header, Vent Structure, Separator, Demister, Turbin, Generator, Kondensor, Main Cooling Water Pump (MCWP), Cooling Tower*. Dari keseluruhan komponen itu dihubungkan menggunakan berbagai macam jenis pipa salah satu jenisnya ialah pipa *steam* yang berfungsi mengalir fluida uap dari panas bumi menuju turbin agar dapat di konversikan menjadi daya penggerak sehingga turbin dapat menghasilkan energi listrik. Salah satu bagian dari rangkaian *steam pipeline* pada PLTP Indonesia power kamojang yang menjadi penelitian tugas ini adalah pada bagian *diffuser*. Diffuser merupakan rangkaian pipa steam salah satu komponen vent structure yang berfungsi meredam getaran dan kebisingan yang dihasilkan. Yang mana *diffuser* terdiri dari rangkaian pipa steam.



Gambar 1.2 Diffuser unit A2

Seringnya terjadi masalah pada pipa steam (uap) menjadi kendala tersendiri bagi setiap unit pada PLTP, salah satu masalah yang terjadi adalah korosi yang timbul pada dinding pipa yang menyebabkan terjadinya kebocoran hingga ledakan, dikarenakan korosi tidak dapat dihindari. berukuran 10 inch dan 20 inch.



Gambar 1.3 Bagian diffuser a1 dan a2 pada instalasi terkorosi

Maka daripada itu analisa korosi dilakukan pada pipa steam untuk mengetahui penyebab terjadinya korosi pada dinding pipa, menentukan jenis korosi serta penyebab terjadinya korosi.

1.2 Identifikasi Masalah

- Melakukan pengujian metalografi untuk mengetahui struktur mikroskopik.
- Melakukan uji kekerasan untuk mengetahui harga kekerasan pipa steam.
- Melakukan pengujian komposisi kimia pada pipa steam yang telah terkorosi.
- Melakukan pengujian SEM & EDX untuk mengetahui korosi dan penyebabnya
- Melakukan analisa terhadap data hasil pengujian.

1.3 Tujuan

Tujuan dari pengujian kali ini adalah mengetahui mengetahui sifat material yang terdapat pada pipa steam yang telah terkorosi:

- Mengetahui jenis material pipa steam.
- Mengidentifikasi pipa steam untuk mendapatkan sifat mekanis harga kekerasan.
- Mengidentifikasi penyebab, dan jenis korosi pada pipa steam.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dilakukan pada penelitian pipa steam adalah:

- Sampel yang digunakan adalah pipa yang telah terkorosi.
- Pengamatan struktur mikro pada pipa steam.
- Pengujian mekanik yaitu uji kekerasan pada pipa steam.
- Analisa komposisi kimia material pipa steam.

1.5 Metodologi Penelitian

Secara garis besar pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Studi literature

Metoda ini merupakan teknik pengumpulan data dengan cara mencari dan membaca buku-buku referensi yang berhubungan dengan material yang digunakan pada pipa steam untuk dijadikan acuan dalam menganalisa suatu masalah tersebut, serta referensi yang berhubungan dengan pengujian metalografi, pengujian kekerasan dan komposisi kimia.

Metode observasi

Metoda ini dilakukan dengan cara langsung melakukan pemotongan material, melakukan pengujian dan kemudian menganalisa. Metoda ini merupakan suatu upaya untuk melihat suatu permasalahan secara ilmiah.

Pengujian

Metoda ini merupakan suatu jenis upaya untuk mengetahui jenis material dan sifat-sifat dari material yang digunakan pada pipa steam.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun bab demi bab dan terdiri dari empat bab. Isi masing-masing bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori dasar tentang karakterisasi & analisa korosi pada pipa steam (uap).

BAB III PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang proses pengerjaan yang dilakukan untuk mengetahui karakterisasi pada pipa steam serta menganalisis korosi yang terjadi pada pipa steam.

BAB IV ANALISA

Bab ini berisi tentang jadwal dan rencana kegiatan yang akan dilakukan berdasarkan metodologi penelitian yang telah ditentukan.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi seluruh kesimpulan berdasarkan metodologi penelitian dan pengujian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

1. Tata Surdia, Shinkoru Saito “Pengetahuan Bahan Teknik” ,1999 – Cet 4 – Jakarta:
Pradnya Paramita.
2. KR. Trethewey, J. Chamberlain “Korosi Untuk Mahasiswa Dan Reksayawan.” 1991-Jakarta
PT Gramedia Pustaka Utama.
3. Putra Satria “Mengenal Fungsi, Jenis-jenis Pipa dan Komponennya”
<https://www.coursehero.com/profile/PutraSatria11/>
4. “Fachrezakbar” Jenis Pipa untuk Industri
<https://fachrezakbar.wordpress.com/author/fachrezakbar/>
5. STUDY KEGAGALAN AKIBAT KOROSI PADA PIPA ECONOMIZER Acep Wagiman,
Gugun Gundara
6. Atlas Of Microstructure Of Industrial Alloys” ASM Handbook vol 7,

