

**ANALISIS KETEBALAN DAN SISA UMUR PAKAI PADA PIPA
PENYALUR AIR RADIATOR MENUJU KE ENGINE
DI PLTMG AMBON PEAKER 30 MW**

Hyzkia Away¹⁾, Edison Effendy²⁾, Eka R.A.P. Lilipaly³⁾

Prodi Teknologi Rekayasa Sistem Mekanikal Migas

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon

hyzkiaaway66@gmail.com, edisoneffendy@gmail.com, lilipalyerman@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to analyze the thickness and remaining life of radiator pipes connected to the engine at PLTMG Ambon Peaker 30 MW. These pipes are prone to corrosion, especially if not protected by a coating, which leads to thickness reduction and shortens the operational lifespan of the pipes. The thickness measurement will be carried out using an Ultrasonic thickness gauge to determine the corrosion rate and the remaining life of the pipe. The standards referenced in data collection are the American Petroleum Institute (API) 570 and the American Society of Mechanical Engineers (ASME) B31.4. The research will be conducted by the author from August 28, 2024, to August 30, 2024, at PLTMG Ambon Peaker 30 MW, Salahutu District, Central Maluku Regency, Maluku Province. The research results show that the minimum thickness reduction indicates a corrosion rate of 0.228 mm/year at Thickness Measurement Location (TML) 17 and 18, while the maximum thickness reduction shows a corrosion rate of 0.564 mm/year at Thickness Measurement Location (TML) 3. Pipes with lower corrosion rates have a remaining life of 5.4 years, while pipes with higher corrosion rates have a remaining life of up to 31.9 years. In conclusion, coating protection is essential to reduce the corrosion rate and extend the service life of the pipes.

Keywords: Pipe thickness, Corrosion rate, Pipe remaining life, Ultrasonic thickness gauge.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketebalan dan sisa umur pipa radiator yang terhubung ke engine di PLTMG Ambon Peaker 30 MW. Pipa-pipa ini rentan terhadap korosi, terutama jika tidak dilindungi dengan lapisan pelindung (coating), yang mengakibatkan penipisan ketebalan dan memperpendek umur operasional pipa. Pengukuran ketebalan dilakukan menggunakan *Ultrasonic thickness gauge* untuk menentukan laju korosi dan sisa umur pipa. Standar yang digunakan sebagai acuan dalam pengambilan data adalah *American Petroleum Institute (API) 570* dan *American Society of Mechanical Engineers (ASME) B31.4*. Pelaksanaan penelitian Penulis akan dilakukan pada tanggal 28 agustus 2024 sampai 30 agustus 2024 di PLTMG AMBON PEAKER 30 MW, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengurangan ketebalan minimum memberikan laju korosi sebesar 0,228 mm/tahun pada *Thickness Measurement Location (TML) 17* dan *18*, sementara pengurangan ketebalan maksimum mencatat laju korosi sebesar 0,564 mm/tahun pada *Thickness Measurement Location (TML) ke-3*. Pipa dengan laju korosi rendah memiliki sisa umur 5,4 tahun, sedangkan pipa dengan laju korosi tinggi memiliki sisa umur hingga 31,9 tahun. Kesimpulannya, pelapisan pipa dengan coating sangat penting untuk mengurangi laju korosi dan memperpanjang umur pakai pipa.

Kata kunci: Ketebalan pipa, Laju Korosi, Sisa Umur Pipa, *Ultrasonic thickness gauge*.

Pendahuluan

Pipa adalah peralatan dan sarana transportasi yang sangat penting dalam dunia industri digunakan sebagai saluran untuk mengangkut volume minyak dengan cepat dari sumber produksi ke tempat pengolahan minyak dan gas. Instalasi perpipaan memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses transportasi/penyaluran produksi minyak dan gas. Dalam dunia industri migas fungsi dan kegunaan dari pipa sangat vital sebagai pendistribusi substansi fluida yang sangat penting ini maka inspeksi rutin harus dilakukan. PLTMG AMBON PEAKER 30 MW merupakan pembangkit listrik yang menggunakan gas alam untuk menghasilkan listrik. Selama pengoperasian instalasi ini memanfaatkan radiator sebagai

pendingin untuk pembangkit listrik. Radiator ini ini memakai cairan NALCOOL 2000 yang dialirkan dari radiator ke mesin pembangkit listrik. Sistem perpipaan ini sudah dipakai sejak 2019 dan belum pernah dilakukan inspeksi

Industri minyak dan gas Sistem perpipaan harus dilakukan Inspeksi pengukuran ketebalan pipa dilakukan untuk memastikan kondisi internal Pipa dan dapat beroperasi dengan kondisi baik dan aman, Pengukuran ketebalan dapat dilakukan pada saat sistem perpipaan sedang tidak beroperasi (API 570). *Ultrasonic thickness gauge* sebagai alat yang berguna untuk inspeksi ketebalan dinding Pipa, mendeteksi korosi yang mengakibatkan pengurangan ketebalan pipa dan membantu dalam perencanaan pemeliharaan pipa agar kualitas pipa tetap terjaga sehingga terhindar dari kerusakan yang menyebabkan kerugian dan kecelakaan kerja bagi pekerja di sektor industri minyak dan gas (Pranto, B., Aep, S. C. Amril, A. & Royadi, 2016). Mengingat vitalnya instalasi perpipaan ini penulis keinginan untuk melakukan inspeksi ketebalan dinding pipa dan menghitung laju korosi serta umur pakai instalasi dimaksud.

Tinjauan Pustaka

A. Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan adalah peralatan dan sarana transportasi yang sangat penting dalam dunia industri digunakan sebagai saluran untuk mengangkut volume minyak dengan cepat dari sumber produksi ke tempat pengolahan minyak dan gas (Logam, M. 2023). Di industri migas sistem perpipaan ada dua macam istilah diantaranya yaitu, Piping adalah sistem perpipaan yang mengalirkan fluida dari satu maupun beberapa peralatan dalam suatu fasilitas pengolahan. Sedangkan pipeline adalah sistem perpipaan yang membantu untuk menghubungkan fasilitas satu dengan fasilitas lainnya yang biasanya di lewati di beberapa daerah.

Sistem perpipaan berperan sangat penting di dunia industri dan memiliki beberapa fungsi utama, antara lain untuk distribusi fluida yang memindahkan fluida atau gas dari suatu lokasi ke lokasi lain dalam proses produksi, perpindahan panas, dan pengendalian tekanan tetap menjaga dan mengatur tekanan fluida saat proses produksi berjalan. Contoh sistem perpipaan adalah sistem distribusi air bersih, sistem pengangkutan minyak dari sumur ke tandon, sistem pengangkutan produk pipa digunakan untuk mengangkut hasil produk yang sudah di produksi seperti bensin, diesel dan produk lainnya ke tempat penyimpanan atau distribusi, sistem distribusi gas untuk mesntransportasi gas alam ke sumur-sumur gas ke fasilitas. Dalam proses Sistem perpipaan pada umumnya di awal lokasi di pasang saringan untuk menyaring kotoran

B. Pengukuran ketebalan Pipa

Pengukuran ketebalan pipa sangat penting di dunia industri minyak dan gas, tujuan utamanya adalah untuk memverifikasi kekokohan struktural pipa dan mencegah terjadinya kebocoran yang bisa mengakibatkan kegagalan sistem, proses pengukuran ketebalan pipa berperan penting dalam menjalankan kegiatan pemeliharaan preventif, memungkinkan deteksi dini terhadap korosi atau kerusakan lain yang dapat mempengaruhi kinerja pipa (Salsabila, Naila. 2023). Ini bukan hanya berdampak pada keselamatan operasional, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap keandalan dan efisiensi infrastruktur perpipaan dan instalasi minyak dan gas.

Untuk mengukur ketebalan pipa dalam industri minyak dan gas, digunakan perangkat bernama ultrasonic thickness gauge. Alat ini menggunakan gelombang suara ultrasonik untuk menilai ketebalan pipa. Gelombang suara ini dikirimkan melalui pipa dan kemudian dipantulkan kembali oleh dinding pipa sebagai dasar pengukuran.

C. Standar American Petroleum Institute (API) 570.

API 570 adalah standar yang diterbitkan oleh *American Petroleum Institute* (API) yang mengatur inspeksi, perawatan, perbaikan, dan sistem pipa. Standar ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem perpipaan tetap aman dan beroperasi dengan baik. *American Petroleum Institute* (API) 570 berlaku untuk sistem pipa yang digunakan untuk mengalirkan fluida yang berpotensi menimbulkan risiko. Standar ini mengatur inspeksi rutin untuk memantau kondisi pipa, perbaikan atau modifikasi pipa yang diperlukan untuk menjaga kinerja dan keamanan, pengujian setelah perbaikan atau modifikasi untuk memastikan kepatuhan dengan standar keselamatan.

American Petroleum Institute (API) 570 mengatur metode inspeksi untuk mendeteksi kerusakan pada pipa. inspeksi yang dilakukan terbagi atas 3:

1. Inspeksi visual eksternal: dilakukan secara rutin untuk mendeteksi kerusakan fisik pada permukaan luar pipa.
2. Inspeksi internal: dilakukan dengan alat khusus seperti ultrasonik atau radiografi untuk memeriksa ketebalan pipa dan mendeteksi korosi atau retak di dalam pipa.
3. Interval inspeksi: interval untuk inspeksi ditentukan berdasarkan risiko dan kondisi operasional pipa, serta riwayat kerusakan risiko dan kondisi operasional pipa, serta riwayat kerusakan sebelumnya.

American Petroleum Institute (API) 570 adalah standar yang sangat penting dalam dunia industri karena membantu dalam memantau, memelihara, dan memperbaiki sistem perpipaan agar tetap berfungsi dengan aman dan efisien.

D. American Society of Mechanical Engineers (ASME) B31.4.

American Society of Mechanical Engineers (ASME) B31.4 adalah bagian dari kode *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) yang mengatur perancangan, konstruksi, pengujian, inspeksi dan operasi pipa transportasi cairan dan fluida lain-lainnya. Standar ini berlaku untuk cairan non-hidrokarbon (air, amonia, dan berbagai zat air lainnya), produk berbahaya (bahan kimia, atau fluida yang memerlukan penanganan khusus), hidrokarbon cair (minyak mentah dan produk olahan). Standar ini menetapkan persyaratan material yang digunakan dalam sistem perpipaan, termasuk pipa, sambungan, katup, dan komponen lainnya. Pemilihan material harus sesuai dengan kondisi operasi seperti tekanan, suhu, serta jenis cairan yang akan dialirkan. Standar ini memberikan pedoman operasi, pengendalian tekanan operasi untuk menjaga pipa dalam batasan desain, pengolahan kondisi darurat seperti kebocoran atau tekanan berlebih, pelatihan operator untuk mengelola sistem perpipaan sesuai dengan persyaratan keamanan.

Untuk menjaga kinerja dan keamanan, *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) B31.4 menekankan pentingnya pemeliharaan berkala seperti inspeksi visual untuk mendeteksi korosi, kerusakan fisik, atau kebocoran, penggantian bagian yang haus atau rusak sesuai standar material dan metode instalasi. Untuk menjaga kinerja dan keamanan, *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) B31.4 memberikan panduan lengkap untuk memastikan bahwa sistem perpipaan yang digunakan untuk mengangkut cairan berbahaya atau cairan lainnya dirancang, dibangun, diuji, dioperasikan, dan dipelihara sesuai standar keselamatan dan keandalan yang tinggi. Standar ini sangat penting untuk industri dalam menjaga integritas operasional dan meminimalkan risiko kecelakaan.

E. Laju Korosi

Laju korosi merujuk pada tingkat perubahan atau penurunan kualitas suatu bahan seiring berjalannya waktu. Dalam mengukur laju korosi, satuan yang umumnya digunakan adalah mm/th

(standar internasional) atau mill/year (mmpy, standar British). Ketahanan material terhadap korosi biasanya diukur dengan nilai laju korosi yang berkisar antara 1 hingga 200 mmpy.

F. Ultrasonic Thickness

Ultrasonic thickness gauge (GM100) adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur ketebalan bahan padat seperti pipa, logam, kaca, aluminium, dan besi. Prinsip kerjanya melibatkan pantulan gelombang ultrasonik, dengan probe atau sensor yang memancarkan gelombang ke permukaan bahan. Gelombang tersebut merambat melalui bahan dan dipantulkan kembali ke probe, dan waktu tempuhnya digunakan untuk menghitung ketebalan bahan dengan akurasi tinggi.

G. Rumus Perhitungan Laju Korosi

Rumus untuk menghitung nilai laju korosi adalah sebagai berikut :

$$CR(\text{mm/tahun}) = \frac{\text{Tebal Nominal} - \text{Tebal Aktual}}{\text{Umur Pakai Pipa}}$$

Diketahui :

CR = Laju Korosi (Corrosion Rate) (mm/tahun)

Tebal Nominal = Tebal pipa pada pemasangan awal (mm)

Tebal Aktual = Tebal pipa pada saat inspeksi (mm)

Umur pakai pipa = Dari saat pemasangan hingga inspeksi (tahun)

H. Rumus Perhitungan Remaining Service Life (RSL)

Rumus Perhitungan Remaining Service Life (RSL)

Rumus yang digunakan untuk menghitung sisa umur pakai (Remaining Service Life / RSL) sebagai berikut :

$$RML = \frac{T. \text{aktual} - T. \text{required}}{\text{Laju korosi}}$$

Di mana :

Remaining Service Life =

Diketahui:

Remaining Service Life = Sisa umur pakai pipa (Tahun)

Tebal aktual = Tebal pipa pada saat inspeksi (mm)

Tebal required = Tebal minimal yang diizinkan (mm)

$$\text{Thickness Required} = \frac{P \times D}{2 \times S \times E}$$

Rumus Perhitungan Tebal Required

Dik:

Tr = Thickness Required

P = Internal Desain Pressure

D = Diameter Pipa

S = Specification Minimum Yield Strength (psi)

E = Joint Factor

Metodologi

Pada penelitian ini penulis menggunakan jenis Metode penelitian kuantitatif dimana melakukan pengukuran menggunakan alat *Ultrasonic thickness gauge* untuk mengukur ketebalan dan masa pemakaian pipa dengan akurat dan efisien, penulis akan mengumpulkan data mengenai jenis coting, jenis dan spesifikasi pipa yang di pakai.

Hasil dan Pembahasan

Tabel 4.1 Data Inspeksi Ketebalan

Titik/TML	Jarak (cm)	Ukuran	0°	90°	180°	270°
1	0 cm	3 inch	5,7	5,8	6	5,9
2	0 cm - 66 cm		5,9	4,8	5,8	5,6
3	66 cm - 94 cm		6,1	6,1	6,9	6,4
4	94 cm - 187 cm		5,1	4,9	5,3	5,3
5	187 cm - 247 cm		5,9	5,5	5,5	5,6
6	247 cm- 272 cm		6	6	6,1	6,1
7	272 cm - 297 cm		7,2	7,2	5,5	6,1
8	297 cm - 333 cm		5,7	5,5	5,5	5,2
9	333 cm - 358 cm		5,9	6,3	5,7	6,9
10	358 cm - 370 cm	10 inch	6,9	7,6	7,6	8,2
11	370 cm - 442 cm		7,4	7,4	7,9	7,7
12	442 cm - 475 cm		6,9	6,9	6,9	6,9
13	475 cm - 1079 cm		7,2	7,9	7,6	7,9
14	1079 cm - 1683 cm		7,7	7,5	7,9	7,3
15	1683 cm - 1979 cm		7,5	7,5	7,9	7,7
16	1979 cm - 2583 cm		8	7,5	7,9	7,7
17	2583 cm - 2608 cm		8,3	7,6	7,6	7,6
18	2608 cm - 2838 cm		7,7	7,6	7,7	7,6
19	2838 cm - 3442 cm		7,5	6,9	7,2	7,6
20	3442 cm - 3467 cm		7,5	6,8	7,2	6,7
21	3467 cm - 3484 cm		6,9	7,1	6,7	7,9
22	3484 cm - 3496 cm		7,6	7,2	8	7,5

Journal Mechanical Engineering (JME).
VOL.2 NO. 1 April 2024

23	3496 cm - 3526 cm		7,5	7,2	7,1	7,3
24	3526 cm - 4130 cm		7,9	6,9	7,2	7,2

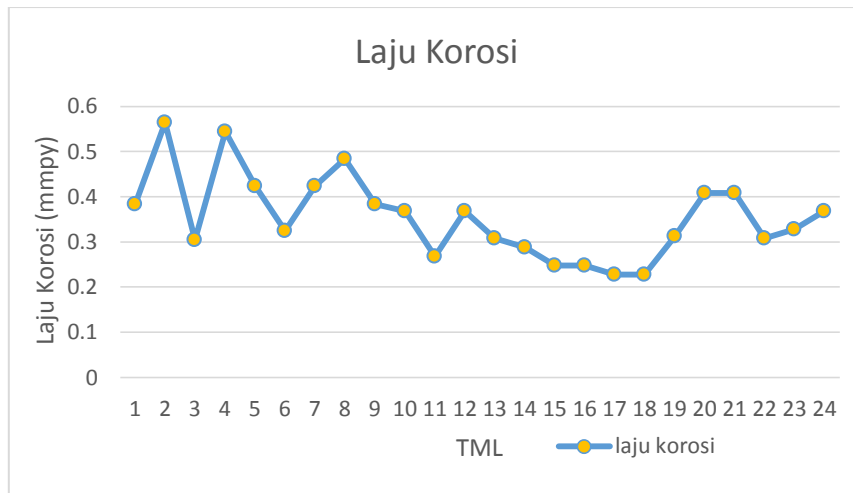
Hasil perhitungan laju korosi dan sisa umur pakai pipa

Tabel 4.2 Hasil perhitungan laju korosi dan sisa umur pakai pipa

TML	JARAK	LAJU KOROSI	PENGURANGAN KETEBALAN	SISA UMUR PAKAI	UKURAN PIPA
1	0 cm	0,384mm/th	1,92 mm	5,4 tahun	3 inch
2	0 cm - 66 cm	0,564mm/th	2,82 mm	8,3 tahun	
3	66 cm - 94 cm	0,304mm/th	1,52 mm	19,7 tahun	
4	94 cm - 187 cm	0,544mm/th	2,72 mm	8,8tahun	
5	187 cm - 247 cm	0,424mm/th	2,12 mm	12,7 tahun	
6	247 cm- 272 cm	0,324mm/th	1,62 mm	19 tahun	
7	272 cm - 297 cm	0,424mm/th	2,12 mm	12,7 tahun	
8	297 cm - 333 cm	0,484mm/th	2,42mm	10,5 tahun	
9	333 cm - 358 cm	0,384mm/th	1,92 mm	14, 5tahun	
10	358 cm - 370 cm	0,368 mm/th	1,84 mm	17,8 tahun	10 inch
11	370 cm - 442 cm	0,268 mm/th	1,34 mm	26,4 tahun	
12	442 cm - 475 cm	0368 mm/th	1,84 mm	17,8 tahun	
13	475 cm - 1079 cm	0,308 mm/th	1,54 mm	22,3 tahun	
14	1079 cm - 1683 cm	0,288 mm/th	1,44 mm	24,2 tahun	
15	1683 cm - 1979 cm	0,248 mm/th	1,24 mm	28,9 tahun	
16	1979 cm - 2583 cm	0,248 mm/th	1,24 mm	28,9 tahun	
17	2583 cm - 2608 cm	0,228 mm/th	1,14 mm	31,9 tahun	
18	2608 cm - 2838 cm	0,228 mm/th	1,14 mm	31,9 tahun	
19	2838 cm - 3442 cm	0,312 mm/th	1,56 mm	22 tahun	
20	3442 cm - 3467 cm	0,408 mm/th	2,04 mm	15,6 tahun	
21	3467 cm - 3484 cm	0,408 mm/th	2,04 mm	15,6 tahun	

22	3484 cm - 3496 cm	0,308 mm/th	1,54 mm	22,3 tahun	
23	3496 cm - 3526 cm	0,328 mm/th	1, 64 mm	20,6 tahun	
24	3526 cm - 4130 cm	0,368 mm/th	1,84 mm	17,8 tahun	

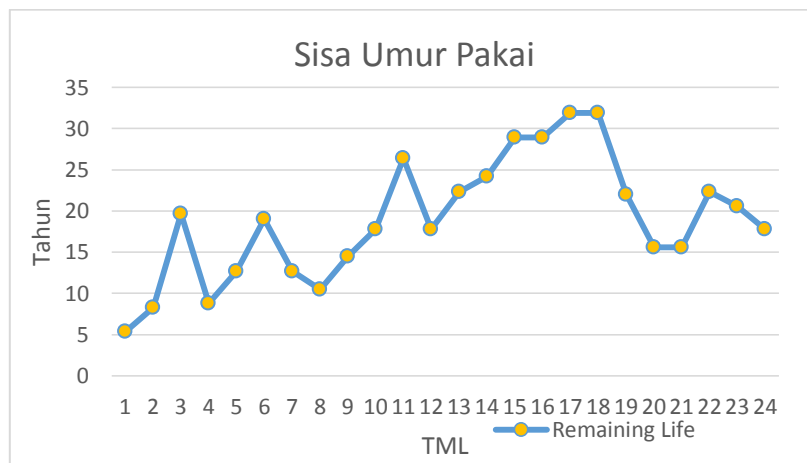
Data diagram Laju korosi pipa



Gambar 4.3 Data diagram Laju korosi pipa

Dapat diamati dari diagram gambar, nilai laju korosi pada pipa yang maximum atau paling tinggi 0,564mm/tahun sedangkan nilai laju korosi pipa relatif rendah 0,228 mm/tahun. Faktor yang mempengaruhi laju korosi yang paling tinggi dikarenakan adanya tekanan tinggi, suhu, dan pinggir pantai merupakan faktor utama yang memiliki kelembaban tinggi sehingga mempercepat tingkat laju korosi.

Data diagram sisa umur pakai pipa



Gambar 4.4 Data diagram sisa umur pakai pipa

Pada gambar diagram 4.4 sisa umur pakai pipa yang memiliki nilai relatif paling rendah 5,4 tahun. tinggi rendahnya sisa umur pakai pipa ditentukan dari laju korosi pada pipa. sisa umur pakai pipa berkurang seiring dengan meningkatnya laju korosi, semakin tinggi laju korosi maka akan membuat umur pakai pipa menjadi pendek dan apabila laju korosi rendah maka akan membuat umur pakai pipa menjadi tinggi. Oleh karena itu sangat perlu pengendalian korosi agar dapat meminimalisir terjadinya pengurangan ketebalan pipa jika tidak dilakukan maka terjadinya kerusakan dan kerugian yang dialami perusahaan.

Penutup

1. Kesimpulan

1. pengurangan ketebalan minimum menunjukkan laju korosi yaitu (0,228 mm/th pada TML 17 dan 18), karena Faktor utama penyebab perbedaan ini adalah kondisi lingkungan, seperti paparan air hujan dan posisi pipa yang langsung berada di atas tanah, serta ketidakadaan pelapisan pelindung.
2. Sisa umur pakai pipa juga sangat bergantung pada laju korosi. Pipa yang memiliki sisa umur paling rendah 5,4 tahun. Tinggi rendahnya laju korosi mempengaruhi ketebalan pipa, yang pada akhirnya memperpendek atau memperpanjang umur pakainya.

2. Saran

1. Penerapan Perlindungan Coating: Disarankan agar seluruh pipa yang digunakan, terutama yang terpapar langsung oleh kondisi lingkungan yang berada di pinggi pantai, diberikan proteksi coating. Ini terbukti efektif dalam mengurangi laju korosi dan memperpanjang umur pakai pipa.
2. Inspeksi dan Pemeliharaan Berkala: Penting untuk melakukan inspeksi dan pemeliharaan pipa sesuai dengan regulasi, seperti yang diatur dalam Permen ESDM No. 31 Tahun 2021, setiap empat tahun sekali. Hal ini dapat memastikan integritas pipa dan mencegah kerusakan lebih lanjut yang dapat mengakibatkan biaya perawatan tinggi. Peningkatan Manajemen korosi harus diperkuat, termasuk pengecatan ulang pipa yang berada di lokasi rawan, seperti yang langsung

Referensi

- Admin, P. W. (2021). Separator Migas? Berikut Jenis Beserta Penjelasan dan Gambarnya! Retrieved from <https://surabaya.proxsisgroup.com/jenis-jenis-separator-dalam-industri-migas/>
- Administrator. (2019). Produksi Hingga Proses Pendistribusian Minyak dan Gas Bumi. Retrieved from <https://synergysolusi.com/indonesia/berita-terbaru/produksi-hingga-proses-pendistribusian-minyak-dan-gas-bumi/>
- Administrator. (2023). Pipeline : Definisi, Metode Perawatan dan Pemeliharaan, from <https://www.inspeksi.co.id/pipeline-definisi-metode-perawatan-dan-pemeliharaan-perbedaan-dengan-piping/>
- Administrator. (2023). Ultrasonic Testing: Pengertian, Prinsip Kerja, Dan Aplikasinya. Retrieved from <https://www.inspeksi.co.id/ultrasonic-testing-pengertian-prinsip-kerja-dan-aplikasinya/>
- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji, A. (2015). Analisa Laju Korosi pada pelat baja Karbon dengan Variasi ketebalan coating. Jurnal Teknik ITS, 4(1), G1-G5. <https://synergysolusi.com/indonesia/berita-terbaru/produksi-hingga-proses-pendistribusian-minyak-dan-gas-bumi/>
- American Petroleum Institute 2000. API 570: Inspeksi, Perbaikan, Perubahan, dan Penilaian. Washington. <https://westechinspection.com/our-services/api->

510570/?msclkid=b3c9caef1c2a1c393603adea19658541&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=Pipeline%20Inspection&utm_term=pipeline%20inspection%20camera&utm_content=Pipeline%20Inspection

- American Society of Mechanical Engineers 2006. ASME B31.4: Pipeline Transportation System for Liquid Hydrocarbon and Other Liquids. New York. <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-4-pipeline-transportation-systems-liquids-slurries>
- F, F. H. (n.d.). Mengenal Komponen Pada Sistem Perpipaan. Retrieved from <https://www.anakteknik.co.id/farhanhf/articles/mengenal-komponen-pada-sistem-perpipaan>
- Kada, J. D. R. B., Syaiful, A. Z., & Tang, M. (2022). ANALISIS LAJU KOROSI DAN LIFETIME MATERIAL STAINLESS STEEL. Jurnal Saini <https://synergysolusi.com/indonesia/berita-terbaru/produksi-hingga-proses-pendistribusian-minyak-dan-gas-bumi/>
- Kholifatu Nurlaili Mahardika. (2022). Pengertian Industri Migas dalam pekonomian Indonesia. <https://synergysolusi.com/indonesia/berita-terbaru/produksi-hingga-proses-pendistribusian-minyak-dan-gas-bumi/>
- Logam, M. (2023). Panduan lengkap untuk sistem perpipaan - pemasok solusi perpipaan. Retrieved from <https://www.epowermetals.com/id/complete-guidance-for-piping-systems.html>
- Nana. (2023). 8 Jenis Korosi Beserta Contoh dan Penjelasannya Lengkap. Retrieved from <https://mamikos.com/info/jenis-korosi-beserta-contoh-pljr/>
- Rahman, M. R. (2016, April). Perencanaan Modifikasi Pipa Penyalur Minyak Dengan Adanya Penambahan Platform Produksi In PROSIDING. <https://synergysolusi.com/indonesia/berita-terbaru/produksi-hingga-proses-pendistribusian-minyak-dan-gas-bumi/>
- Rizki. (2020). Melakukan Pengukuran Menggunakan *Ultrasonic thickness gauge*. Retrieved from <https://testingindonesia.co.id/melakukan-pengukuran-menggunakan-ultrasonic-thickness-gauge/>
- Rizki. (2023). Apa Itu *Ultrasonic thickness gauge*? Retrieved from <https://testingindonesia.co.id/apa-sih-itu-ultrasonic-thickness-gauge/#:~:text=Ultrasonic%20thickness%2>
- Salsabila, Naila. 2023. "Pengukuran Ketebalan Pipa Dengan Thickness Meter Pada Industri Minyak Dan Gas." Novotest Indonesia. March 15. <https://novotest.id/pengukuran-ketebalan-pipa-dengan-thickness-meter-pada-industri-minyak-dan-gas/#:~:text=Untuk%20mengukur%20kete>
- Sucofindo. (2023). Jenis-Jenis NDT Testing dalam Mengevaluasi Suatu Material. Retrieved from <https://www.sucofindo.co.id/artikel-1/mineral/inspeksi-dan-audit-12/jenis-jenis-ndt-testing-dalam-mengevaluasi-suatu-material/>
- Sucofindo. (2023). Sadari Pentingnya Inspeksi Eksplorasi minyak bumi. Retrieved from <https://www.sucofindo.co.id/artikel-1/minyak-dan-gas/inspeksi-dan-audit-14/sadari-pentingnya-inspeksi-industri-migas-minyak-dan-gas/>
- Sufi, M. (2023). Pengertian dan 8 Jenis Separator Sebagai Pemisah Fluida. Retrieved from <https://solarindustri.com/blog/separator-adalah/>