

## Analisis Laju Korosi Dan *Maximum Allowable Working Pressure* (Mawp) Pada Jaringan Pipa Hydrant

Moh Soleh Sabarudin<sup>1\*</sup>, Indra Chandra Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

\* Email Corresponding Author: [sabar@bmkt.co.id](mailto:sabar@bmkt.co.id)

### ABSTRAK

Sistem keamanan gedung terhadap bahaya kebakaran yang kita kenal dengan *Fire Fighting System* adalah salah satu system yang wajib ada dalam gedung tinggi dan salah satunya adalah Sistem hydrant dalam gedung tinggi. Hydrant wajib didisain sesuai dengan standar dan peraturan yang ada seperti *National Fire Fighting Assosiation* (NFPA), SNI Peraturan daerah dan peraturan pemerintah lainnya. Dengan adanya tekanan pada jaringan pipa hydrant maka pipa baja karbon menjadi pilihan, dengan fluida air sebagai media pemadam yang standby didalam jaringan pipa baja karbon, maka potensi yang terjadi adalah adanya korosi. Pada jaringan pipa hidrant yang terpasang sudah memiliki umur terpasang lebih kurang 25 tahun, maka pasti terjadi korosi, dengan metode pengukuran menggunakan UTM (*Ultrasonic Thickness Measurement*) ketebalan pipa existing dapat diketahui. Sehingga bisa dilakukan kalkulasi apakah jaringan pipa yang telah terkorosi tersebut masih aman untuk digunakan aatau diperlukan penggantian dengan pipa yang baru. Morfologi permukaan dan produk korosi dikarakterisasi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM), dan Energi Dispersive X-ray (EDX) untuk mengetahui karakterisasi dari proses korosi dan unsur yang menyebabkan terjadinya korosi. Dengan rangkaian pemeriksaan dan kalkulasi *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) pada jaringan pipa hydrant akan terjawab apakah jaringan pipa hydrant yang terpasang masih dapat menahan tekanan internal.

**Kata kunci:** *fire fighting, SNI, NFPA, Korosi, Ultrasonic Thickness Measurement, Scanning Electron Microscopy, Energi Dispersive X-ray, Maximum Allowable Working Pressure*

### ABSTRACT

Development in urban areas is increasingly developing, with various designations, various buildings are built to meet the needs of human life. With the continued growth of gedeung buildings in cities, the availability of land is increasingly expensive because it is limited. High-rise buildings are one of the solutions to this problem, with multi-storey buildings with limited land can get large functions according to the needs of the building designation. The tall building that we usually call a High Risk Building is growing rapidly with the concept of design and construction built with various characters and technological sophistication in it. The building safety system against fire hazards that we know as the Fire Figthing System is one of the systems that must be present in high-rise buildings and one of them is the hydrant system in high-rise buildings. Hydrants must be designed in accordance with existing standards and regulations such as the National Fire Fighting Association (NFPA), SNI, local regulations and other government regulations. With the pressure on the hydrant pipeline network, carbon steel pipes are an option, with water fluid as a standby extinguishing medium in the carbon steel pipeline network, the potential that occurs is corrosion. In the installed hydraulic pipe network already has an installed life of approximately 15 years, then corrosion must occur, with the measurement method using UTM (*Ultrasonic Thickness Measurement*) the thickness of the existing pipe can be determined. So that it can be calculated whether the corroded pipe network is still safe to use or needs to be replaced with a new pipe. The surface morphology and corrosion products are characterized using Scanning Electron Microscopy (SEM), and Dispersive X-ray Energy (EDX) to determine the characterization of the corrosion process and the elements that cause the corrosion. With a series of checks and calculations of the *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) on the hydrant pipeline network, it will be answered whether the installed hydrant pipeline network can still withstand internal pressure.

**Keywords:** *fire fighting, SNI, NFPA, Corrosion, Ultrasonic Thickness Measurement, Scanning Electron Microscopy, Energi Dispersive X-ray, Maximum Allowable Working Pressure*

## PENDAHULUAN

Korosi merupakan salah satu musuh besar dalam dunia industri atau dalam sistem perpipaan, beberapa contoh kerugian yang ditimbulkan korosi adalah terjadinya penurunan kekuatan material akibat berkurangnya ketebalan, yang apabila tidak ditanggulangi bisa mengakibatkan kegagalan fungsi suatu sistem jaringan pipa dan biaya perbaikan akan naik jauh lebih besar dari yang diperkirakan. Sehingga diperlukan suatu usaha pencegahan-pencegahan terhadap serangan korosi. Korosi adalah kerusakan material yang umumnya logam yang ditandai dengan adanya pengurangan ketebalan pada material yang secara umum disebabkan oleh reaksi material dengan lingkungan di sekitarnya [1]. Korosi logam merupakan masalah utama di bidang konstruksi yang berbahan baku logam. Penanganan tentang sistem elektrokimia dapat membantu menjelaskan korosi, yaitu reaksi kimia antara logam dengan ion-ion yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matrik logam itu sendiri. Jadi dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya merupakan reaksi redok logam menjadi ion pada permukaan yang berkontak langsung dengan lingkungan baik air dan oksigen.

Pada Bangunan Gedung bertingkat jaringan pipa *hydrant* merupakan sistem instalasi pipa yang harus tersedia sesuai dengan regulasi terkait keamanan gedung terhadap bahaya kebakaran yang terjadi mengacu pada NFPA dan SNI. Perancangan dan pemasangan sistem pipa tegak harus sesuai dengan SNI 03-1745-2000 "Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung" atau edisi terbaru dan NFPA 14 Standard "Installation of Standpipe and Hose Systems". Instalasi *hydrant* kebakaran ialah suatu sistem pemadam kebakaran tetap yang menggunakan media pemadam air bertekanan yang dialirkan melalui pipa-pipa dan selang kebakaran.

Sistem ini terdiri dari sistem persediaan air, pompa, perpipaan, kopling *outlet* dan *inlet* serta selang dan *nozle*. Ada dua system Instalasi *hydrant* kebakaran yaitu :

1. Sistem instalasi hidrant kering ialah suatu sistem *hydrant* yang pipa-pipanya tidak berisi air, dan akan berisi air manakala *hydrant* tersebut digunakan.
2. Sistem instalasi hidrant basah ialah suatu sistem *hydrant* yang pipa-pipanya selalu berisi air.

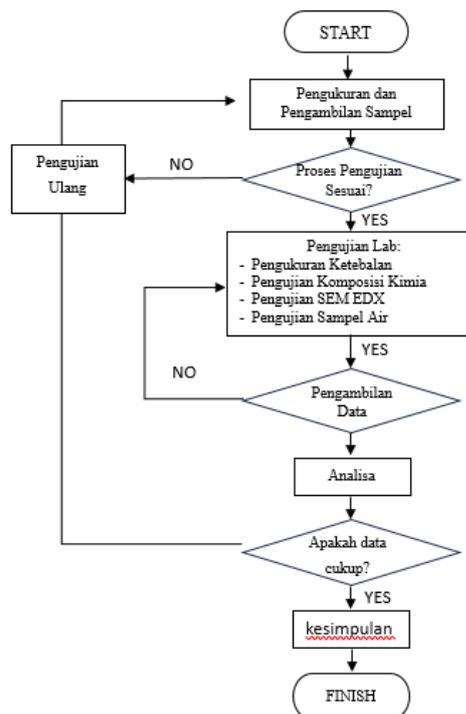
Sistem *hydrant* ini harus selalu dalam kondisi prima dan *standby* dalam jangka waktu lama dan 24 jam tanpa henti maka memastikan kerusakan jaringan *hydrant* akibat kerusakan karena korosi menjadi hal yang perlu dilakukan penelitian. Bagaimana laju korosi akibat pengaruh air dan oksigen akan menjadi konsen penelitian ini guna mendapatkan data yang bermanfaat dalam proses instalasi, penggunaan dan perawatan instalasi *hydrant* gedung.

Namun pada kenyataannya banyak juga pada jaringan pipa *hydrant* yang telah berumur lebih dari 40 tahun tanpa ada pergantian pipa. Untuk itu dalam penelitian berikutnya akan dilakukan penelitian mengenai "Analisa Laju Korosi Pada Jaringan Pipa *Hydrant* Gedung Bertingkat 4 lantai Yang Berumur Lebih Dari 40 Tahun" [2].

Penelitian ini di fokuskan pada Korosi yang terjadi di dunia kontruksi bangunan terutama pada jaringan sistem keamanan gedung yaitu instalasi *hydrant*. Di jaringan pipa *hydrant* ini memiliki karakter penyebab korosi yang umum yaitu air namun ada tekanan yang bekerja konstan 3-10 bar pada saat sistem *standby* dan tanpa ada aliran fluida dalam jangka waktu yang lama dan karakteristik pipa tegak dan mendatar tanpa insulasi dengan batasan yaitu; Penelitian dilakukan pada jaringan pipa *hydrant* yang mensupply gedung 4 lantai, selanjutnya pengambilan sampel dilakukan pada jaringan pipa dalam tanah, di atas permukaan tanah dan pada ground tank, dan pengujian yang dilakukan adalah analisa komposisi kimia, SEM EDX dan pengukuran ketebalan, serta pengukuran sisa ketebalan pia adalah dengan metode *Ultrasonic Thickness Meter*.

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang akan dilakukan oleh peneliti dalam mendapatkan pengetahuan dan memecahkan masalah yang dihadapi diantaranya perencanaan dilakukan untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah, mengadakan studi pendahuluan menentukan sampel penelitian serta menyusun rencana penelitian, bentuk *flowchart* seperti dibawah:



Gambar 1 Skema diagram alir proses penelitian

### Data Teknis

Data teknis yang diperoleh sebagai bahan dalam melakukan penelitian ini seperti terdapat pada Tabel 1. Data Teknis Penelitian dibawah ini:

Tabel 1. Data Teknis Penelitian

No	Identification	Spec. Material	Dimension	Pressure	Service
1	Pipa dalam tanah	ASTM A29 Gr. 1012	Ø 4 inch	Approx. 16 Bar	40 tahun
2	Pipa dalam air	ASTM A29 Gr. 1012	Ø 4 inch	Approx. 16 Bar	40 tahun
3	Pipa atas permukaan tanah	ASTM A29 Gr. 1012	Ø 4 inch	Approx. 16 Bar	40 tahun
4	Pipa Tegak	ASTM A29 Gr. 1012	Ø 4 inch	Approx. 16 Bar	40 tahun
5	Sampel Air penyimpanan <i>ground tank</i>	NOTE: Sampel air diambil dari tangka penyimpanan			

### Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

1. Pengukuran dimensi dan Ketebalan Pipa *Hydrant*.

Pengukuran dimensi dan ketebalan pipa *hydrant* dilakukan untuk mendapatkan data dimensi atau diameter dari pipa *hydrant* dan ketebalan *existing* pipa *hydrant* yang telah terkorosi. Pengambilan data ketebalan dilakukan di area yang terekspose dan secara visual terkorosi paling parah

2. Pengujian Komposisi Kimia Pipa *Hydrant*

Pengujian komposisi kimia digunakan untuk mengetahui komposisi dan unsur yang terkandung dalam material. Dari komposisi serta kandungan utama dari material nantinya dapat kita gunakan untuk menentukan grade atau spesifikasi material yang digunakan serta kemungkinan penggantian material apabila diperlukan. Adapun persiapan benda uji yang harus dilakukan untuk pengujian komposisi kimia antara lain:

- a. Permukaan benda uji harus bebas dari scale/kerak maupun kotoran lainnya
- b. Permukaan benda uji harus di gerinda sesuai dengan standard mesin dengan kekasaran pengamplasan 40 Ccw
- c. Melakukan kalibrasi *standard blok* sesuai benda uji yang akan dianalisa.

Pada pengujian komposisi kimia ini, benda uji dapat langsung segera dianalisa oleh alat *Optical Emission Spectrometer (OES)* dibawah dengan selesainya pembakaran (*burning*) gas argon di permukaan benda uji dengan kandungan 99,99%.

3. Pengujian SEM EDX

*Scanning Electron Microscope (SEM)* adalah jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambar sampel dengan memindai permukaan dengan sinar elektron yang terfokus dengan perbesaran hingga skala tertentu. Elektron berinteraksi dengan atom dalam sampel, menghasilkan berbagai sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan dan komposisi sampel. Sementara *Energy Dispersive X-Ray (EDX)* digunakan untuk analisis elemental kimia bahan. Kemampuan karakterisasi sebagian besar disebabkan oleh prinsip dasar bahwa setiap elemen memiliki struktur atom yang unik yang memungkinkan serangkaian puncak unik pada spektrum emisi elektromagnetiknya (yang merupakan prinsip utama spektroskopi).

4. Pengujian Komposisi Kimia Air

Pengujian komposisi kimia air dilakukan dengan 3 aspek. Aspek fisika seperti warna, suhu, kekeruhan dan bau. Aspek kimia seperti pH dan logam yang terlarut serta aspek mikrobiologi.

**HASIL PEMBAHASAN**

**Hasil Uji Kimia Air**

Pengujian komposisi kimia air dilakukan untuk mengetahui unsur apa saja yang terkandung dalam air yang bisa menjadi potensi terjadinya korosi serta mengukur keasaman (pH) dari air tersebut. Sampel air diambil dari tangka penyimpanan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Komposisi Kimia Air

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM YANG DIPERBOLEHKAN	HASIL PENGUJIAN	METODE UJI
<b>I. FISIKA</b>				
Warna	Unit PtCO	10	<5	IK-T.4.1B.16 (Spektrofotometri)
Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	IK-T.4.1B.29 (Organoleptik)
Kekeruhan	NTU	<3	0.25	IK-T.41B.31 (Turbidimetri)
Suhu**	°C	Suhu Udara ± 3°C	24.0	IK-T.4.1B.51 (Digital Thermometer)
TdS	mg/L	<300	111	IK-T.4.1B.50 (Elektrometri)
<b>II. KIMIA</b>				
pH**	-	6.5 – 8.5	6.3	SNI 6989.11-2019
Besi (Terlarut)**	mg/L	0.2	<0.07	IK-T.4.1B.17 (Spektrofotometri)
Kromium Heksavalen (Terlarut)	mg/L	0.01	<0.010	IK-T.4.1B.25 (Spektrofotometri)
Mangan (Terlarut)**	mg/L	0.1	0.1	IK-T.4.1B.18 (Spektrofotometri)
Nitrit (sebagai NO <sub>2</sub> ) (Terlarut)	mg/L	3	1	IK-T.4.1B.21 (Spektrofotometri)
<b>III. MIKROBIOLOGI</b>				
Coliform	CFU/100mL	0	30	IK-T.4.1B.55 (Spektrofotometri)
E.Coli	CFU/100mL	0	0	IK-T.4.1B.56 (Spektrofotometri)

1. Nilai Kadar Maksimum Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.
2. Nilai hasil pengujian untuk parameter pH, Nitrat (sebagai NO<sub>3</sub>) (Terlarut) dan Coliform tidak memenuhi nilai baku mutu yang dipersyaratkan.

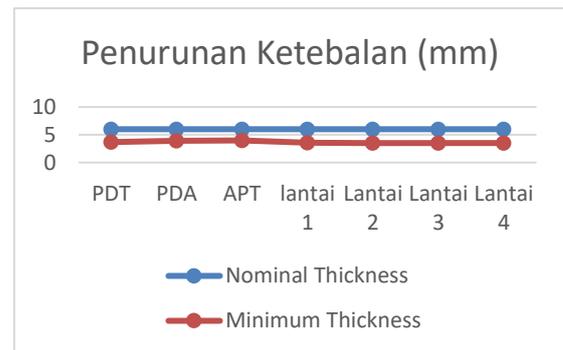
Catatan :

- Penguji tidak bertanggung jawab atas pengambilan sampel
- Laboratorium melayanan pengaduan/komplain maksimum 1 (satu) minggu terhitung tanggal penyerahan Laporan Hasil Pengujian

Parameter yang diberi tanda (\*\*) telah terakreditasi ISO 17025

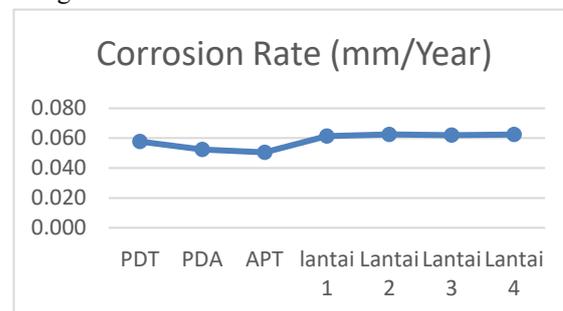
**Pembahasan**

Dari hasil pengujian diketahui jika *corrosion rate* atau laju korosi yang terjadi pada jaringan pipa *hydrant* yang telah berumur 40 tahun <0,1mm/year. Artinya kondisi ini masuk katagori baik dari segi umur pakai. Akan tetapi jika merujuk terhadap standard NFPA 14 tekanan pada kondisi maksimum yang dibatasi pada 350 psi atau 24 bar pada semua titik, maka perlu mempertimbangkan sisa ketebalan pipa antara 58% - 70% terhadap tekanan tersebut. Terutama jika telah terjadi kebocoran pada titik-titik tertentu. Hal ini dilakukan untuk menghindari keadaan yang tidak diinginkan.



Gambar 2. Grafik Persentase Penurunan Ketebalan Pipa Objek Ukur

Grafik penurunan ketebalan pipa objek yang menjadi objek ukur pada gambar 2 di atas menunjukkan penurunan rata-rata pipa yang menjadi objek ukur. Garis berwarna biru menunjukkan ketebalan awal pipa yaitu 6 mm dan garis berwarna jingga merupakan ketebalan sisa yang terukur. Artinya korosi yang terjadi selama 40 tahun jaringan pipa *hydrant* terpasang adalah lebih dari 2 mm. Untuk *corrosion rate* 2 mm dalam waktu pakai selama 40 tahun masuk kedalam katagori baik.



Gambar 3. Grafik Laju Korosi Yang Terjadi Pada Objek Ukur

Pada gambar 3, grafik laju korosi yang terjadi pada objek ukur menunjukkan fluktuasi. Pada pipa PDT (pipa dalam tanah), PDA (pipa

dalam air) dan APT (atas permukaan tanah) yang merupakan jaringan pipa hisap (*Negative Pressure*) menunjukkan tingkat korosi yang lebih kecil daripada pipa pada lantai 1 sampai dengan lantai 4 yang merupakan jaringan pipa penyalur (*Positive Pressure*). Walaupun dari hasil pengamatan secara visual produk korosi lebih banyak pada pipa PDT, PDA dan APT yang mengindikasikan laju korosi yang lebih tinggi yang dipengaruhi oleh keadaan lingkungan yang lebih korosif. Sebagai contoh pipa dalam tanah dipengaruhi oleh keasaman (pH) tanah yang mengkorosi bagian luar pipa walaupun pipa tersebut dilindungi lapisan cat. Sehingga korosi yang terjadi bukan hanya pada permukaan bagian dalam pipa, tetapi terjadi juga pada bagian luar. Sementara pada pipa penyalur tidak ada faktor dari lingkungan luar yang dapat mengkorosi permukaan luar pipa yang diperkuat dengan visualisasi dari sampel yang diperiksa. Namun pada hasil perhitungan laju korosi jaringan pipa tegak dilantai 1 sampai dengan lantai 4 mengalami laju korosi yang lebih besar walaupun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Hal ini bisa dipengaruhi oleh penggunaan 2 metode pengukuran yang berbeda pada 2 jenis jaringan pipa tersebut yang memiliki perbedaan ketelitian pengukuran.

Dari hasil pemeriksaan komposisi kimia diatas, material pipa untuk jaringan pipa *hydrant equivalent* dengan material ASTM A29 grade 1012 atau AISI 1012. Maka material tersebut memiliki sifat mekanik sebagai berikut:

Tabel 3. Sifat Mekanik AISI 1012

Properties	Metric	Imperial
Hardness, Brinell	105	105
Hardness, Knoop (converted from Brinell hardness)	123	123
Hardness, Rockwell B (converted from Brinell hardness)	60	60
Hardness, Vickers (converted from Brinell hardness)	108	108
Tensile strength	370 MPa	53700 psi
Yield strength	310 MPa	45000 psi
Elongation at break (In 50 mm)	19.00%	19.00%
Reduction of area	40.00%	40.00%
Bulk modulus (typical for steel)	140 GPa	20300 ksi
Machinability (based on AISI 1212 steel as 100 machinability. The machinability of Group I bar, rod, and wire products can be improved by cold drawing.)	55	55
Shear modulus (typical for steel)	80.0 GPa	11600 ksi
Poisson's ratio	0.27-0.30	0.27-0.30
Elastic modulus	190-210 GPa	27557-30458 ksi

Hasil perhitungan dari *maximum allowable working pressure* (MAWP) pada pipa dengan terjadinya pengurangan ketebalan akibat korosi dapat di lihat pada Tabel 3. Perhitungan MAWP Jaringan Pipa *Hydrant* dibawah ini:

Tabel 4. Perhitungan MAWP Jaringan Pipa *Hydrant*

No	Lokasi Pipa	Ketebalan Minimum	Maximum Allowable Stress (MPa)	Tekanan (MPa)	Join Efficiency (E)	Inside Radius	MAWP
1	PDT	3,69	206	1	0,7	53,8	9,51
2	PDA	3,91	206	1	0,7	53,6	10,07
3	APT	3,98	206	1	0,7	53,5	10,26
<b>Pipa Tegak</b>							
4	Lantai 1	3,55	206	1	0,7	54,0	9,12
5	Lantai 2	3,50	206	1	0,7	54,0	8,99
6	Lantai 3	3,52	206	1	0,7	54,0	9,05
7	Lantai 4	3,50	206	1	0,7	54,0	9,00

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa MAWP dari jaringan pipa *hydrant* adalah 9,00 – 10,26 MPa atau 90,0 – 126,6 Bar. Nilai ini masih sangat aman jika tekanan operasi pada jaringan pipa *hydrant* adalah 10 Bar. Namun apabila melihat umur pemasangan dari jaringan pipa *hydrant* yang telah terpasang 40 tahun, maka diperlukan *assessment* secara menyeluruh terhadap jaringan pipa *hydrant* apakah telah terjadi kebocoran atau korosi yang lebih parah lagi. Sehingga akan diketahui pemetaan kerusakan yang diakibatkan oleh korosi dan yang lainnya.

## KESIMPULAN

Dari serangkaian pengujian dan pengambilan data lapangan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian SEM EDX dapat dilihat morfologi dari produk korosi yang merupakan korosi secara merata.
2. Unsur-unsur yang berperan dalam terjadinya mekanisme korosi adalah Na dan Ca. Unsur ini merupakan unsur golongan alkali yang memiliki sifat reaktif dan dapat membentuk senyawa dengan mudah, terutama dengan unsur non-logam seperti oksigen (O) atau klor (Cl). Unsur Cl membentuk senyawa NaCl, unsur ini menjadi inisiator terjadinya korosi
3. Unsur lainnya seperti S yang ditemukan pada pipa PDT dapat bereaksi membentuk senyawa korosif seperti asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) di lingkungan yang lembap. Selain itu unsur S memiliki kemampuan untuk bereaksi dengan besi (Fe) pada permukaan baja karbon, membentuk senyawa seperti besi sulfida ( $FeS$ ).
4. Dari pemeriksaan komposisi kimia jaringan pipa *hydrant* dapat diketahui spesifikasi material adalah ASTM A29 Grade 1012 atau *equivalent* dengan AISI 1012.
5. Laju korosi pada jaringan pipa *hydrant* yang telah berumur 40 tahun adalah <0,1mm/tahun

masuk kedalam katagori baik.

6. Hasil perhitungan *maximum allowable working pressure* (MAWP) berdasarkan standard ASME Section VIII Div.1 didapatkan nilai 9,00 – 10,26 MPa atau 90,0 – 126,6 Bar.
7. Dengan tekanan operasi yang hanya 10 Bar, maka dapat dipastikan *maximum allowable working pressure* (MAWP) masih pada batas yang aman.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1.] E. A. Damayanti, B. Antoko, and B. W. Karuniawan, "Analisis Laju Korosi dan Lifetime Pipa Underground Baja Karbon A53 dengan Wrapping Protection."
- [2] Systems, E. (2021). White Paper 09 / 2021 How to Avoid Corrosion in Sprinkler Piping Fendium White Paper 09 / 2021 How to Avoid Corrosion in Sprinkler Piping.
- [3] P. Pt *et al.*, "Prosiding Teknik Pertambangan Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai Pipa (Remaining Service Life) pada Jalur Pipa Transportasi Kondensat SP Subang-SP Determination of Corrosion Rate and Remaining Service Life Of Pipe (RSL) on Transportation of Condensate Pipe SP Subang to SP Pegaden PT Pertamina EP Asset 3 Subang Field, Pagaden District, Subang Regency, West Java Province".
- [4] Supriyadi, "PENGARUH KONSENTRASI KLOORIDA TERHADAP LAJU KOROSI INTERNAL PIPA BAJA API 5L GRADE MENGGUNAKAN METODE PENGUKURAN METAL LOSS DENGAN ULTRASONIC," 2020.
- [5] D. Irwanto, Y. Basir, and M. Pamuji, "STUDI KOROSI PADA PIPA MENGGUNAKAN METODE IMPRESSED CURRENT DI PETROCHINA INTERNATIONAL JAMBI.Ltd 1)."
- [6] A. Hartadi, A. A. Rosidah, D. Suheni, I. T. Adhi, and T. Surabaya, "Analisis Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai Pada Sistem Perpipaian Stasiun Penerima Gas Bumi."
- [7] J. MRIHARDJONO, H. A. POHAN, and S. DARMANTO, "Failure Analysis at Stem Valve Fire Hydrant in LNG Plant," *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, vol. 1, no. 2, Nov. 2019, doi: 10.14710/jvsar.v1i2.4527.
- [8] "17- PERGUB DKI NO.200 THN 2015-AKSES PEMADAM KEBAKARAN".
- [9] "7- PERDA DKI NO.7 THN 2010-BANGUNAN GEDUNG".
- [10] "15- PERDA DKI NO.8 THN 2008-PENCEGAHAN & PENANGGULANGAN BAHAYA KEBAKARAN".
- [11] M. Nofri and A. Fardiansyah, "ANALISIS SIFAT MEKANIK PIPA CARBON STEEL GRADE A A106 DAN GRADE B A53 UNTUK PROSES PRODUKSI PADA KILANG LNG," 2018.
- [12] M. M. Pilette, T. C. Brown, and K. C. Hein, "Technical Committee on Standpipes." [Online]. Available: [www.nfpa.org/disclaimers](http://www.nfpa.org/disclaimers).
- [13] ASME. (2021). ASME BPVC Section VIII División 1. 651–652. "UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 28 TAHUN 2002 TENTANG BANGUNAN GEDUNG DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA."
- [14] "19- SNI 03-1745-2000-TATACARA PEMASANGAN PIPA TEGAK & SLANG BAHAYA KEBAKARAN".
- [15] P. Menteri and P. Umum, "MENTERI PEKERJAAN UMUM REPUBLIK INDONESIA."
- [16] "PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM."
- [17] I. P. Windiari and E. J. Sijabat, "INSPECTION, TESTING AND MAINTENANCE PUMP ELECTRIC & INDOOR HYDRANT DI PT. KILANG PERTAMINA INTERNASIONAL RU VI BALONGAN-INDRAMAYU," vol. 4, no. 3, 2023.
- [18] ASME V. (2023). Nondestructive Examination SECTION V 2023 ASME

Boiler and Pressure Vessel Code An  
International Code. [www.asme.org/cer](http://www.asme.org/cer)

- [19] ASTM International. (2008). Standard Test Method for Atomic Emission Vacuum Spectrometric Analysis of Carbon and Low-Alloy Steel 1. Designation: E415-08, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.1520/E0415-08.2>