

TEKNIK PEMERIKSAAN DAN PERBAIKAN INSTALASI PIPA GALVANIS

Rifqi Aulia Abdillah¹⁾, Dedi Budi Setiawan^{1)}, Supriyo¹⁾, Arief Subakti Ariyanto¹⁾,
Nur Setiaji Pamungkas¹⁾*

*¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang Jawa Tengah 50275
E-mail: dedibudisetiawan@yahoo.co.id

ABSTRACT

The plumbing system must be able to anticipate pollution from outside, So damage to pipes must be minimized because if there is a leak in the pipe it will not only affect water distribution but can also cause the water to be contaminated with dirt. Research needs to be carried out regarding inspection methods and techniques for repairing leaks in pipe installations so that if the installation experiences a leak it can be repaired immediately. The method used in this research is an experimental method, namely modeling a water pipe installation that has a leak, then applying inspection techniques and repair techniques to the pipe installation. Based on water discharge measurements carried out during 1 minute of water flow in pipe installations in normal conditions with pipes experiencing leaks, there was a decrease in water discharge of 39.023 liters/minute. To find out the leak point, it is necessary to carry out a further inspection using a pipe leak listening device. The results of the inspection carried out three times with different people showed that the inspection results shifted from the leak point by a maximum of 10 mm. Based on the research results, it was found that a repair technique that can be applied to leaks in galvanized pipe installations is strengthening with pipe clamps capable of withstanding a pressure of 1.2 Mpa with an implementation cost of Rp. 277,500.00, and the welded reinforcement is able to withstand a pressure of 3.4 Mpa with an implementation cost of Rp. 463,458.00. So the inspection method of measuring flow and checking with a listening device can be applied to check leak points in pipe installations, while the most appropriate method for repairing leaks in galvanized pipe installations is to use pipe clamp reinforcement, because it obtains a compressive strength that meets the minimum pressure requirements in pipe installations. residential house and in terms of costs it is cheaper than using welding reinforcement techniques.

Keywords: *Pipe Leaks, Inspection Method, Repair Techniques..*

PENDAHULUAN

Sistem plambing diharapkan dapat memenuhi kebutuhan penghuni dalam masalah air, terutama pada instalasi air bersih harus memenuhi kebutuhan penghuni untuk melakukan aktivitas mandi, mencuci, memasak dan lain sebagainya. Menurut permenkes No.32 tahun 2017, syarat fisik air bersih yaitu jernih, bersih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak memiliki rasa, dan memiliki suhu sekitar 10-20°C. System plambing juga harus mengantisipasi pencemaran dari luar, maka kerusakan pada pipa harus diminimalisir karena

apabila terjadi kebocoran pada pipa tidak hanya mempengaruhi distribusi air tetapi juga bisa menyebabkan air tercemar kotoran dari luar pipa. Kebocoran pipa juga dapat menyebabkan kerugian secara finansial, menurut Isyada, R., dan Audytra, H. (2021) kehilangan air mengakibatkan kerugian secara finansial serta menyebabkan masalah besar yaitu kurangnya jumlah suplai air kepada pelanggan.

Pipa galvanis merupakan pipa besi seng yang dilapisi baja. Material pipa tersebut tidak memiliki ketahanan korosi yang baik, menurut Bandanadjaja, B.

dan Achyarsyah, M. (2011), lingkungan cairan dalam pipa memiliki potensi untuk menghasilkan lingkungan korosif, keberadaan kandungan sulfur meningkatkan tingkat korosif cairan. Maka bahan pipa galvanis lebih berpotensi mengalami kebocoran, sehingga perlu dilakukan penelitian berkaitan metode pemeriksaan dan teknik perbaikan kebocoran pada instalasi pipa galvanis.

Pemeriksaan Instalasi Pipa

Sulardi (2019) menjelaskan inspeksi perpipaan dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu metode *on-stream* inspection pada saat perpipaan dioperasikan dengan metode visual inspection dan metode *off-stream* pada saat perpipaan dihentikan dari operasinya dengan metode *non destructive test* dan *destructive test*. Permen PU Nomor: 16/PRT/M/2010 tentang teknis pemeriksaan berkala

bangunan gedung menjelaskan bahwa kerusakan yang sering dijumpai pada instalasi pipa air dingin dan panas pada bangunan gedung yaitu:

1. Tekanan air

Pompa tekan biasanya digunakan untuk mengalirkan air pada bangunan bertingkat (menengah dan tinggi) agar tekanan air merata.

Jika pompa bermasalah maka aliran air tidak merata. Menurut Artayana K.C.B., dan Atmaja G.I. (2010) dalam instalasi air bersih diperlukan tekanan yang cukup setiap keluaran (*fixture unit*), yaitu + 1 bar (1kg/m^2) untuk mencukupi air bersih pada saat waktu pemakaian jam puncak. Standar Nasional Indonesia (2005) juga menjelaskan tentang tekanan minimum yang diperlukan alat plambing, dapat dilihat tabel 1.

Tabel 1.

Tekanan minimum yang diperlukan alat plambing

No.	Nama alat plambing	Tekanan yang diperlukan (kg/cm^2)
1	Katup gelontor kloset	0,7
2	Katup gelontor peturasan	0,4
3	Kran yang menutup otomatis	0,7
4	Pancuran mandi, dengan pancaran air halus	0,7
5	Pancuran mandi biasa	0,35
6	Kran biasa	0,3

2. Korosi

Korosi dapat terjadi pada dinding dalam pipa atau permukaan luar pipa, umumnya pada tempat di mana air dan udara bertemu. Hal ini juga disebabkan karena reaksi antara air (yang terkontaminasi) dengan bahan pipa.

3. Insulasi rusak

Kerusakan insulasi pada pipa air panas akan menyebabkan

kehilangan energi, dan dapat mengurangi suhu air di dalamnya.

Insulasi yang rusak juga dapat menyebabkan bagian luar pipa 'berkeringat' dan menyebabkan timbulnya korosi

4. Penahan Pipa

Jika penahan pipa tidak baik, maka pipa dapat melengkung dan bergetar, dan jika dibiarkan dapat

menyebabkan kebocoran pada sambungan pipa.

5. Katup Bocor

Beberapa katup pengendali kadang-kadang jarang digunakan (kecuali jika ada perbaikan), akibatnya ada kemungkinan ada bagian katup yang tidak berfungsi sepenuhnya (seal sudah mengeras atau rapuh).

6. Pipa Bocor

Kebocoran yang umumnya terjadi pada titik-titik sambungan dan tempat pemasangan katup. Kebocoran yang ditemukan harus segera diperbaiki.

7. Kehilangan Tekanan

Kehilangan tekanan dapat disebabkan karena pompa tekan tidak berfungsi atau terdapat kebocoran pada jaringan pipa.

Perbaikan Instalasi Pipa

Permen PU No.24/PRT/M/2008 tentang pedoman pemeliharaan dan perawatan bangunan gedung menjelaskan ketentuan pemeliharaan dan perbaikan sebagai berikut:

1. Saluran air bersih yang memerlukan pengamatan adalah saluran yang tidak terlindungi dari panas matahari.
2. Tambahkan penggantung pada dinding untuk menopang atau menyanggah pipa PVC bila ada Sebagian penggantung yang lepas.
3. Bila terjadi kebocoran pada sambungan pipa, maka lakukan hal-hal: a) Matikan aliran air dari stop kran yang ada. b) Lem kembali dengan lem PVC sejenis dengan pipa atau balut dengan karet bekas ban dalam motor untuk kondisi darurat (bersifat sementara)

sehingga kebocoran dapat dihentikan, sedangkan untuk pipa galvanis bisa dilakukan dengan mengelas bagian yang bocor. c) Jalankan kembali aliran air bersih yang ada.

Untuk menghindari terjadinya kebocoran pada pipa salah satunya menghindari dari terjadinya proses korosi pada pipa tersebut. Menurut Bandanadjaja, B., dan Achyarsyah, M. (2011) jangan membiarkan cairan pada pipa yang tidak digunakan dalam kondisi diam, karena hal tersebut menyebabkan terjadinya korosi.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu membuat pemodelan instalasi pipa air bersih yang mengalami kebocoran, kemudian menerapkan teknik pemeriksaan dan teknik perbaikan pada instalasi pipa tersebut. Jenis pipa yang digunakan pada penelitian ini yaitu pipa galvanis.

Membuat Rangkaian Instalasi Pipa

Rangkaian instalasi pipa dibuat sesuai dengan gambar rencana instalasi sederhana, penentuan panjang pipa didapatkan dari perhitungan panjang jaringan dikurangi faktor kelonggaran alat sambung pipa, sedangkan untuk diameter pipa ditentukan dari perhitungan unit beban alat plambing. Instalasi pipa tersebut kemudian dilukai/dilubangi untuk mendapatkan kondisi bocor. Kemudian membuat *cover* instalasi pipa untuk menutupi benda uji instalasi pipa yang mengalami kebocoran, supaya mendekati kondisi yang sebenarnya.

Pemeriksaan Instalasi Pipa

Pemeriksaan pada penelitian ini menggunakan metode *on-stream inspection* pada saat perpipaian

dioperasikan dengan metode pemeriksaan debit air dan pemeriksaan dengan alat pendengar, metode *off-stream* pada saat perpipaan dihentikan dari operasinya dengan metode uji kuat tekan.

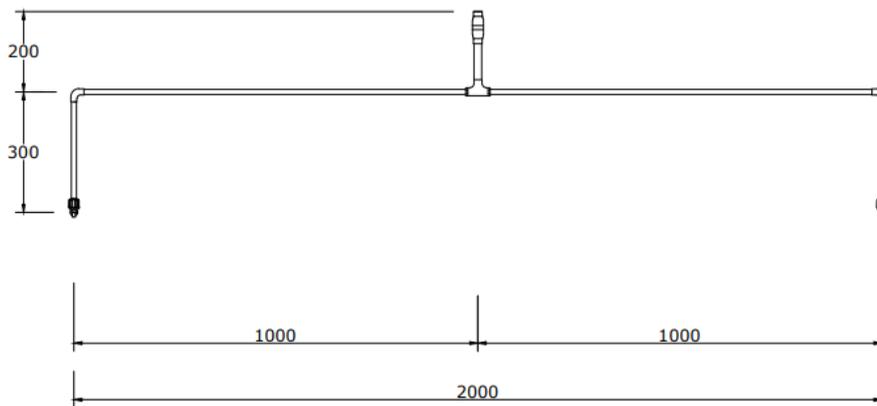
Perbaikan Instalasi Pipa

Perbaikan instalasi pipa yang mengalami kebocoran terdapat beberapa metode perbaikan yang bisa diterapkan tergantung jenis pipa dan jenis kerusakannya, karena pada penelitian ini menggunakan pipa jenis galvanis, maka akan dilakukan teknik perbaikan menggunakan *clamp* pipa dan las.

Membuat Pemodelan Instalasi Pipa

Benda uji instalasi pipa dimodelkan dengan system instalasi terbuka, supaya mendapatkan perlakuan seperti penerapan instalasi pipa pada bangunan. Instalasi pipa ini menggunakan pipa jenis galvanis, karena jenis pipa galvanis sering digunakan pada instalasi air bersih dengan tekanan yang cukup besar. Menurut Setiawan et al. (2022) instalasi pipa galvanis paling efektif dalam mengalirkan air dalam pipa sehingga memperoleh debit yang lebih maksimal dibandingkan instalasi pipa PVC atau PPR. Pemodelan benda uji instalasi pipa dapat dilihat gambar 1.

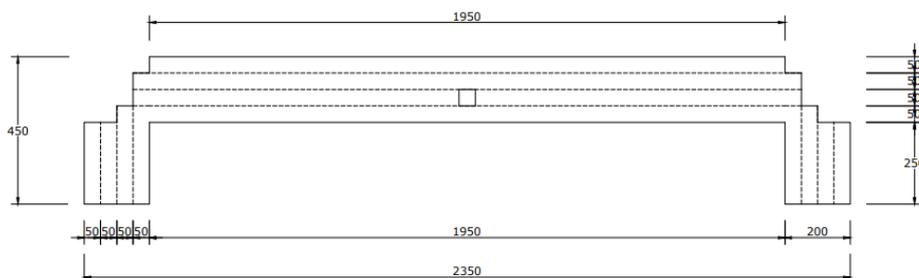
HASIL DAN PEMBAHASAN



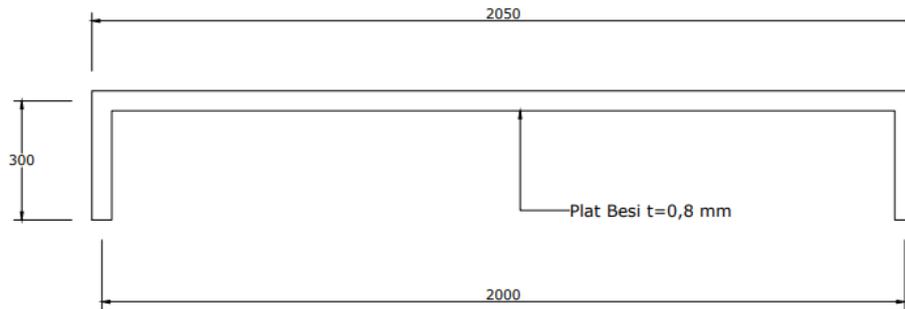
Gambar 1. Benda Uji Instalasi Pipa Galvanis

Untuk mendapatkan kondisi yang mendekati penerapan instalasi pipa sebenarnya, maka perlu dibuat *cover*/penutup instalasi pipa supaya

benda uji pipa tidak terlihat. Pemodelan benda uji instalasi pipa dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Bukaan Plat Cover Instalasi Pipa



Gambar 3. Plat yang sudah terbentuk

Pemeriksaan Instalasi Pipa

Pemeriksaan Instalasi Pipa terdiri dari 3 tahap pemeriksaan, yaitu:

1. Uji Tekan Instalasi Pipa

Dilakukan tes kuat tekan pada benda uji instalasi pipa menggunakan pompa manual untuk mengetahui kekuatan instalasi tersebut dalam menerima tekanan air yang mengalir didalam instalasi tersebut dan hasil yang didapat yaitu mencapai 5,6 Mpa



Gambar 4. Proses Uji Tekan Instalasi Pipa Galvanis

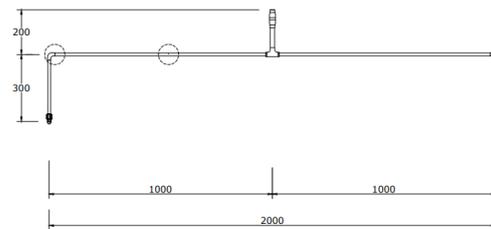
2. Pemeriksaan Debit

Pemeriksaan debit dilakukan untuk mengetahui volume air yang mengalir dalam instalasi pipa. Pemeriksaan dilakukan dalam kondisi instalasi pipa normal dan kondisi instalasi pipa yang mengalami kebocoran, untuk mengetahui apakah ada perubahan debit pada perubahan kondisi instalasi pipa tersebut. Menurut Hariyanto, et al. (2017) Semakin

kecil nilai selisih debit air masuk dan keluar (ΔQ), semakin jauh letak kebocoran pipa (x) yang diukur dari titik kebocoran ke sensor setelah titik kebocoran.



Gambar 5. Pemeriksaan Debit Instalasi Pipa Galvanis



Gambar 6. Titik Pemberian Luka pada Instalasi Pipa Galvanis

Pengukuran debit dilakukan selama 1 menit pengaliran air dalam instalasi pipa, didapatkan hasil pengukuran debit sebesar 51,880 Liter/1 menit untuk instalasi pipa dalam kondisi normal atau yang tidak mengalami bocor. Sedangkan hasil pengukuran debit untuk instalasi pipa yang mengalami kebocoran sebesar 22,857 Liter / 1

menit. Hasil pengukuran bisa dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Debit pada instalasi sebelum mengalami kebocoran



Gambar 8. Debit pada instalasi setelah mengalami kebocoran

Berdasarkan hasil pengukuran debit air tersebut dapat dipastikan bahwa apabila instalasi pipa mengalami kebocoran maka debit pada instalasi pipa tersebut akan berkurang, hal tersebut berbanding lurus dengan hasil pengujian pemeriksaan instalasi pipa yang mengalami kebocoran terjadi pengurangan debit air sebesar 39,023 Liter / 1 menit.

3. Pemeriksaan titik kebocoran

Pada pengujian sebelumnya dapat menentukan apakah instalasi pipa tersebut mengalami kebocoran atau tidak, tetapi belum dapat

memastikan titik lokasi kebocoran instalasi pipa. Maka perlu dilanjutkan pemeriksaan titik kebocoran, pemeriksaan menggunakan alat pendengar kebocoran pipa.



Gambar 9. Pemeriksaan menggunakan alat pendeteksi kebocoran



Gambar 10. Hasil pemeriksa menggunakan alat pendeteksi kebocoran

Pemeriksaan dilakukan tiga kali pemeriksaan dengan orang yang berbeda, didapatkan hasil seperti pada gambar 10. Hasil pemeriksaan pertama (a) didapatkan titik yang bergeser dari titik kebocoran sebesar 10mm, pemeriksaan kedua (b) didapatkan titik yang bergeser dari titik kebocoran sebesar 5 mm, dan pemeriksaan ketiga (c) didapatkan titik yang tepat pada titik kebocoran. Berdasarkan pemeriksaan tersebut dapat dipastikan bahwa alat pendengar kebocoran bisa digunakan untuk menentukan titik kebocoran, tetapi pelaksanaan pemeriksaan harus dalam kondisi hening dan kemampuan pendengaran pemeriksa mempengaruhi hasil pemeriksaan.

Perbaikan Instalasi Pipa

Perbaikan instalasi pipa yang mengalami kebocoran terdapat beberapa metode perbaikan yang bisa diterapkan tergantung jenis pipa dan jenis

kerusakannya, karena pada penelitian ini menggunakan pipa jenis galvanis, maka akan dilakukan teknik perbaikan menggunakan clamp pipa dan las.

1. Perbaikan dengan *Clamp* Pipa

Konsep kerja dari perbaikan menggunakan *clamp* pipa yaitu menutup lubang yang mengalami bocor dengan clamp pipa, sehingga air tidak keluar melalui lubang tersebut. Tetapi clamp yang ada dipasaran saat ini hanya clamp pipa lurus saja, belum ada yang untuk berbentuk sudut seperti sambungan pipa, sehingga apabila terjadi kebocoran pada alat sambung pipa belum bisa tertangani menggunakan clamp pipa. Maka pada pengujian ini dibuat clamp pipa dari potongan pipa dan potongan alat sambung pipa, kemudian digabungkan menggunakan ring penjepit alumunium.



Gambar 11. Pemasangan clamp pipa pada badan pipa



Gambar 12. Pemasangan *clamp* pipa pada alat sambung pipa



Gambar 13. Hasil uji tekan pada instalasi pipa diperkuat dengan *clamp*

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan untuk instalasi pipa galvanis yang diperkuat dengan clamp pipa didapatkan kuat tekan sebesar 1,2 Mpa. Sedangkan kuat tekan pada instalasi pipa sebelum mengalami kebocoran sebesar 5,6 Mpa, maka metode perbaikan menggunakan clamp pipa belum dapat mengembalikan ke kondisi semula tetapi sudah bisa digunakan untuk perbaikan pada instalasi pipa rumah tinggal, dimana berdasarkan ketentuan SNI-03-7065-2005 kebutuhan tekanan air untuk alat

plumbing yang digunakan di rumah tinggal mencapai + 10 bar (1 Mpa).

Biaya yang dibutuhkan dalam perbaikan kebocoran pipa galvanis

menggunakan teknik *clamp* pipa dibutuhkan sebesar Rp277.500,00. Hasil perhitungan bisa dilihat tabel 2.

Tabel 2.
Perhitungan Rencana Anggaran Pelaksanaan Perbaikan Kebocoran dengan Metode *Clamp* Pipa

No	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A Bahan					
1	Karet Ban	m2	0,1	235.000,00	23.500,00
2	Ring Penjepit Alumunium	bh	4	5.000,00	20.000,00
3	Solasi Pipa	bh	1	4.000,00	4.000,00
4	Klem Socket Galvanis 1"	bh	1	15.000,00	15.000,00
5	Klem Reducer Galvanis 3/4 x 1"	bh	1	20.000,00	20.000,00
6	Lem	bh	1	15.000,00	15.000,00
Total					Rp 97.500,00
B Alat					
1	Gergaji Besi	hari	1	15.000,00	15.000,00
2	Kikir	hari	1	3.500,00	3.500,00
3	Obeng (+) dan (-)	hari	1	3.500,00	3.500,00
4	Kunci Inggris	hari	1	13.000,00	13.000,00
Total					Rp 35.000,00
C Tenaga					
1	Pekerja	OH	1	145.000,00	145.000,00
Total					Rp 145.000,00
D	Jumlah A+B+C				Rp 277.500,00
E	Overhead dan Profit (0%)				Rp -
F	Total Biaya D+E				Rp 277.500,00

2. Perbaikan dengan Las

Pipa berbahan galvanis dapat dilakukan pengelasan, maka pada perbaikan instalasi pipa galvanis yang mengalami kebocoran, peneliti mencoba memperbaiki dengan cara menutup lubang pada pipa dengan lelehan elektroda sehingga pipa tidak mengalami kebocoran lagi. Tahapan perbaikan menggunakan metode las yaitu sebagai berikut: a) Lubang yang ada pada benda uji di las untuk menutup lubang. b) Setelah selesai proses pengelasan lalu di cek

apakah masih bocor atau tidak menggunakan pompa manual. c) Setelah itu dilakukan uji kuat tekan menggunakan pompa manual dan dicatat hasilnya.



Gambar 16. Perbaikan instalasi pipa bocor menggunakan las



Gambar 17. Hasil uji tekan pada instalasi pipa bocor diperbaiki menggunakan las

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan untuk instalasi pipa galvanis yang diperkuat dengan las

elektroda didapatkan kuat tekan sebesar 3,4 Mpa. Sedangkan kuat tekan pada instalasi pipa sebelum mengalami kebocoran sebesar 5,6 Mpa, maka metode perbaikan menggunakan las elektroda belum dapat mengembalikan ke kondisi semula tetapi sudah bisa digunakan untuk perbaikan pada instalasi pipa rumah tinggal, dimana berdasarkan ketentuan SNI-03-7065-2005 kebutuhan tekanan air untuk alat plambing yang digunakan di rumah tinggal mencapai + 10 bar (1Mpa).

Biaya yang dibutuhkan dalam perbaikan kebocoran pipa galvanis menggunakan metode las dibutuhkan sebesar Rp463.458,00. Hasil perhitungan bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3.

Perhitungan Rencana Anggaran Pelaksanaan Perbaikan Kebocoran dengan Metode Las

No	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A Bahan					
1	Elektroda	bh	4	2.600,00	10.400,00
Total					Rp 10.400,00
B Alat					
1	Las Listrik	hari	1	350.000,00	350.000,00
2	Kikir	hari	1	3.200,00	3.200,00
3	Palu Kerak	hari	1	12.000,00	12.000,00
4	Sikat Besi	hari	1	5.000,00	5.000,00
Total					Rp 370.200,00
C Tenaga					
1	Pekerja	OH	0,571429	145.000,00	82.858,00
Total					Rp 82.858,00
D	Jumlah A+B+C				Rp 463.458,00
E	Overhead dan Profit (0%)				Rp -
F	Total Biaya D+E				Rp 463.458,00

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan metode pemeriksaan kebocoran pada instalasi pipa galvanis yang paling tepat untuk yaitu:

1. Langkah pertama melakukan pengukuran debit pada alat sanitasi kemudian dibandingkan dengan debit yang masuk dalam instalasi. Hasil penelitian pada instalasi yang mengalami kebocoran terdapat

selisih debit sebesar 39,023 liter/menit. Maka apabila hasil pembacaan antara debit masuk dengan debit yang keluar disetiap alat sanitasi maka dapat dipastikan terjadi kebocoran pada instalasi tersebut.

- Langkah kedua melakukan pemeriksaan menggunakan alat pendengar kebocoran pipa untuk menemukan titik kebocoran pada instalasi tersebut. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan tiga kali pemeriksaan dengan orang yang berbeda didapatkan hasil pemeriksaan yang bergeser dari titik kebocoran maksimal 10 mm. Maka dapat dipastikan bahwa alat pendengar kebocoran bisa digunakan untuk menentukan titik kebocoran, tetapi pelaksanaan pemeriksaan harus dalam kondisi hening dan kemampuan pendengaran pemeriksa mempengaruhi hasil pemeriksaan.
- Berdasarkan hasil penelitian didapatkan teknik perbaikan yang dapat diterapkan pada kebocoran instalasi pipa galvanis yaitu perkuatan dengan clamp pipa mampu menahan tekanan sebesar 1,2 Mpa, dan perkuatan las mampu menahan tekanan sebesar 3,4 Mpa. Berdasarkan analisis anggaran pelaksanaan untuk perkuatan menggunakan clamp pipa membutuhkan biaya sebesar Rp277.500,00, sedangkan perkuatan dengan las membutuhkan biaya sebesar Rp463.458,00. Maka dapat disimpulkan untuk metode perbaikan kebocoran pada instalasi pipa galvanis yang paling tepat adalah menggunakan perkuatan *clamp* pipa, karena mendapatkan kuat tekan yang sudah memenuhi

persyaratan tekanan minimum pada instalasi pipa rumah tinggal dan dari segi biaya lebih murah dibandingkan menggunakan teknik perkuatan las.

Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini merupakan bagian dari laporan penelitian pratama tahun 2023. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Semarang yang telah membiayai penelitian ini, serta tim penelitian yang telah membantu proses penelitian sehingga tulisan ini dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Artayana, K.C.B., dan Atmaja, G.I. 2010. *Perencanaan Instalasi Air Bersih dan Air Kotor pada Bangunan Gedung dengan Menggunakan Sistem Pompa*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin cakraM, 4, 1.
- Bandanadjaja, B., dan Achyarsyah, M. 2011. *Analisa Kegagalan Kebocoran Pipa 8 Inchi pada Instalasi Pipa Pengolahan Gas Alam*. Seminar Nasional Teknik Mesin 6.
- British Standard. 2006. *Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption*. European Committee for Standardization.
- Haryadi, G.D., Kustomo, H.K., dan Kim, S.J. 2016. *Penilaian Resiko dan Perencanaan Inspeksi Pipa Transmisi Gas Alam Cepu-Semarang Menggunakan Metode Risk Based Inspection Semi-Kuantitatif Api 581*. ITB Journal Publisher. 25,1, 18-28.
- Hariyanto, D., Pauzi, G.A., dan Supriyanto, A. 2017. *Deteksi*

- Letak Kebocoran Pipa Berdasarkan Analisis Debit Air Menggunakan Teknologi Sensor Flowmeter Berbasis TCP/IP.* Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. 5,1, 25-30.
- Irsyada, R., dan Audytra, H. 2021. *Deteksi Kebocoran Pipa PDAM Menggunakan Model Perancangan Pencarian Rute Terpendek dengan Algoritma Dijkstra.* Jurnal Simante C. 10,1, 17-24.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 16/PRT/M/2010 tentang *Pedoman Persyaratan Teknis Pemeriksaan Berkala Bangunan Gedung*
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 24/PRT/M/2008 tentang *Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung*
- Setiawan,B.D., Abdillah,R.A., Supriyo, Subakti,S. dan Wibowo, H. 2019. *Kajian Efektifitas Penggunaan Berbagai Jenis Pipa pada Bangunan Rumah Tinggal berdasarkan Pemodelan Instalasi Pipa Air Bersih dan Analisis Anggaran Pelaksanaan.* Wahana Teknik Sipil, 27,2, 176-188.
- Sulardi. 2019. *Inspeksi Teknik Sistem Perpipaan Industri Pengolahan Migas.* Jurnal JIEOM, 2,1, 1-5.
- Standar Nasional Indonesia. 2005. *tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing.* Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.