

## **REVIEW: EFEK EMISI AKUSTIK UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN DALAM PIPA**

**Ryan Syuhada<sup>1)</sup>, dan Feblil Huda<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Universitas Riau, Bina Widya, Pekanbaru, 28293  
E-mail: ryansyuhada2@gmail.com

### **Abstract**

Pipelines are vital elements in the oil and gas infrastructure, and damage to them can have serious consequences. This article aims to determine or study the basic concepts of acoustic emissions, damage detection principles, and their practical applications in industries that are closely related to pipeline systems. The methodology used in this article is a literature review. The result is that the acoustic emission method has advantages including its ability to detect damage at an accurate early stage, minimize downtime, and reduce maintenance costs. However, acoustic emission has several disadvantages such as, accuracy is greatly affected by environmental changes and external signal interference. The sensors used in acoustic emission are also very expensive. Overall, acoustic emission is a very effective method to detect damage in pipelines, the weaknesses contained in it are a challenge for future researchers.

**Keywords:** *Acoustic Emission, Pipeline, Pipe Damage*

### **Abstrak**

Pipa merupakan elemen vital dalam infrastruktur perminyakan dan gas, dan kerusakan pada pipa dapat mengakibatkan konsekuensi serius. Artikel ini bertujuan untuk mengetahui atau mempelajari konsep dasar emisi akustik, prinsip deteksi kerusakan, serta aplikasi praktisnya dalam industri yang berkaitan erat dengan sistem perpipaan. Metodologi yang digunakan pada artikel ini adalah literatur review. Hasilnya adalah metode emisi akustik memiliki keunggulan meliputi kemampuannya untuk mendeteksi kerusakan pada tahap awal yang akurat, meminimalkan downtime, dan mengurangi biaya perawatan. Akan tetapi emisi akustik memiliki beberapa kekurangan seperti, keakuratan sangat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan dan interferensi sinyal eksternal. Sensor yang digunakan dalam emisi akustik juga memiliki harga yang sangat mahal. Secara keseluruhan emisi akustik merupakan metode yang sangat efektif untuk mendeteksi kerusakan dalam pipa, kelemahan yang terdapat di dalamnya menjadi tantangan bagi peneliti kedepannya.

**Kata Kunci:** *Emisi Akusti, Pemipaan, Kerusakan Pipa*

## **PENDAHULUAN**

Pipa adalah komponen penting dalam berbagai industri, sebagai sistem transportasi fluida seperti air, minyak ataupun gas (Alamri, 2020). Kondisi pipa yang tidak baik memiliki dampak buruk bagi keamanan, lingkungan, serta operasional dan keuangan (Onyebuchi dkk., 2018). Oleh karena itu, deteksi kerusakan pipa harus dilakukan sesegera mungkin sebagai upaya menjaga kondisi kelayakan pipa (Adegboye dkk., 2019).

Dalam usaha mendeteksi kerusakan pipa, berbagai metode telah digunakan. Beberapa metode konvensional yang umum digunakan meliputi inspeksi visual, pengujian tekanan, pengukuran ketebalan dinding pipa, dan teknik pengecatan untuk deteksi korosi. Meskipun metode-metode ini memiliki manfaatnya sendiri, mereka juga memiliki beberapa kelemahan. Inspeksi visual, misalnya, mungkin sulit dilakukan dalam situasi tertentu, seperti pipa yang terkubur di bawah tanah (Ceravolo dkk., 2021). Pengujian tekanan memerlukan penghentian operasi, sementara teknik pengecatan hanya efektif dalam mendeteksi kerusakan permukaan (Lu dkk., 2020).

Metode emisi akustik telah muncul sebagai metode yang menjanjikan dalam mendeteksi kerusakan pipa. Metode ini melibatkan pemantauan suara atau getaran yang dihasilkan oleh pipa sebagai tanggapan terhadap kerusakan yang mungkin terjadi di dalamnya. Salah satu keunggulan utama dari metode emisi akustik adalah kemampuannya untuk memberikan pemantauan berkelanjutan dan real-time, yang memungkinkan identifikasi potensi kerusakan sebelum menjadi masalah yang lebih serius (Lukonge & Cao, 2020). Hal ini dapat mengurangi dampak buruk kerusakan pipa terhadap operasional, lingkungan, dan biaya.

Ketika kita mempertimbangkan jenis kerusakan yang umumnya terjadi dalam pipa, seperti korosi, retakan, dan bocor, metode emisi akustik muncul sebagai alat yang sangat relevan. Metode ini memungkinkan pemantauan yang real-time, membantu dalam mengidentifikasi masalah yang mungkin terjadi, dan pada akhirnya, meningkatkan keandalan sistem pipa.

Dengan tinjauan mendalam terhadap literatur yang ada, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga tentang penggunaan emisi akustik dalam mendeteksi kerusakan dalam pipa dan bagaimana faktor lingkungan memengaruhi kerusakan tersebut. Penelitian ini juga akan membahas pendekatan-pendekatan yang telah diterapkan dalam upaya memahami dan mengatasi masalah ini.

Melalui pemahaman yang lebih baik tentang emisi akustik dan pengaruh faktor lingkungan, diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan kontribusi positif dalam upaya menjaga keandalan dan integritas sistem pipa yang sangat penting dalam infrastruktur modern.

## METODE PENELITIAN

Metodologi pada penelitian ini melalui beberapa tahapan. Pertama, melakukan pencarian jurnal dalam lima tahun terakhir dengan menggunakan kata kunci seperti "deteksi pipa," "emisi akustik," "korosi," "bocor," dan "retak" untuk mengidentifikasi kumpulan literatur relevan. Selanjutnya menyusun *review* jurnal dengan merangkum bagian metodologi, hasil, dan kesimpulan dari setiap artikel, Lalu mengevaluasi kelebihan dan kekurangan dari masing-masing penelitian yang ditinjau.



Gambar 1. Alur metodologi penelitian

Selanjutnya, melakukan klasifikasi sensor yang digunakan dalam penelitian yang ditelaah. Informasi ini akan disajikan dalam bentuk tabel yang mencakup jenis sensor, karakteristiknya, dan penggunaannya dalam mendeteksi kerusakan pada pipa. Kemudian juga akan dideskripsikan tentang kelebihan dan kekurangan dari masing-masing jenis sensor tersebut. Terakhir, menyusun kesimpulan dari review literatur ini untuk mengidentifikasi tren dan temuan penting dalam penggunaan emisi akustik dalam deteksi kerusakan pipa. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan wawasan mendalam tentang aplikasi metode emisi akustik dalam industri pipa serta perbandingan antara berbagai sensor yang digunakan dalam penelitian terkait.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Deteksi Korosi dalam pipa Menggunakan emisi akustik

Penelitian terkini dalam bidang pemantauan kerusakan pipa menunjukkan evolusi metode yang semakin canggih. Pada tahun 2019, Nohala dan timnya menggunakan metode akuisisi suara (AE) untuk deteksi erosi-korosi dan creep pada pipa bertekanan

tinggi, memberikan wawasan penting terhadap kondisi pipa yang beroperasi pada suhu tinggi (Nohal dkk., 2019). Pada tahun 2020, Peng dan koleganya memadukan sensor serat optik terdistribusi dengan analisis data AI untuk melindungi pipa besar dari ancaman eksternal dan korosi internal, mencapai akurasi tinggi dalam mengidentifikasi peristiwa dampak dan jenis korosi (Peng dkk., 2020). Pada tahun 2021, penelitian oleh Farrukh Hassan dan rekan-rekannya menggabungkan teknologi emisi akustik dengan metode pengelompokan canggih, menawarkan pendekatan yang menjanjikan untuk deteksi korosi pada pipa baja (Saboor dkk., 2021). Dalam studi terakhir, Taeho Ju dan Alp T. Findikoglu tahun 2021 mengusulkan penggunaan teknik ultrasonik multi-mode sederhana dan ekonomis untuk inspeksi dan pemantauan kerusakan akibat korosi pada pipa berukuran besar (Ju & Findikoglu, 2021). Semua penelitian ini mendorong perkembangan dalam pemahaman dan pemantauan kerusakan pada infrastruktur pipa yang krusial.

## 2. Deteksi Retak dalam pipa Menggunakan emisi akustik

Seiring dengan perkembangan teknologi dalam bidang diagnosis gangguan pada pipa, beberapa penelitian telah mengusulkan metode yang inovatif dan efektif untuk mendeteksi dan mengidentifikasi cacat pada pipa. Pada tahun 2018, penelitian oleh Bach Phi Duong dan Jong-Myon Kim mengintegrasikan analisis *wavelet entropy* dengan teknik *ensemble deep neural networks* (EDNN) untuk mengatasi tantangan dalam mendeteksi gangguan pipa dengan tingkat akurasi rata-rata mencapai 96%. Meskipun berhasil, penelitian ini menghadapi keterbatasan terkait sifat non-stasioner dari sinyal akustik emisi (AE) dan ekstraksi fitur yang akurat (Duong & Kim, 2018). Pada tahun 2021, Thang Bui Quy dan Jong-Myon Kim mengusulkan metodologi yang mencakup deteksi peristiwa, lokalilasi sumber, dan pemantauan sumber untuk deteksi dan identifikasi retakan dalam pipa berisi cairan menggunakan sinyal AE. Penelitian ini memiliki keunggulan dalam aplikasi online dan validasi eksperimental yang mendukung keefektifannya, meskipun menghadapi kendala berupa dataset terbatas dan sensitivitas terhadap noise (Quy & Kim, 2021). Terakhir, penelitian oleh Gorkem Okudan dan rekan-rekannya pada tahun 2021 menekankan penggunaan lensa metamaterial berindeks gradien (GRIN) dalam pengembangan karakteristik emisi akustik dalam pipa. Hasil eksperimen menunjukkan potensi GRIN lensa untuk meningkatkan deteksi kerusakan pada pipa, meskipun dengan beberapa keterbatasan terkait pengaruh tekanan internal

dan ketersediaan data (Okudan dkk., 2021). Dengan penggunaan teknologi yang semakin canggih, penelitian-penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemeliharaan dan inspeksi pipa, dan masih memiliki potensi untuk pengembangan lebih lanjut di masa depan.

### 3. Deteksi Bocor pada pipa menggunakan emisi akustik

Sembilan penelitian terkait deteksi kebocoran dalam pipa dengan teknologi akustik emisi (AE) menawarkan beragam pendekatan. Yangde Gao dkk. (2022) menggabungkan TDOA dan analisis frekuensi dengan sensor R151-AST untuk lokalisasi kebocoran yang akurat (Gao dkk., 2022). Hanxue Zhao dkk. (2020) menggunakan BP neural network pada katup gas alam, dengan keterbatasan pada jenis katup (Zhao dkk., 2020). Zahoor Ahmad dkk. (2023) mencoba mengidentifikasi ukuran kebocoran dalam pipa dengan CNN, memerlukan pengembangan lebih lanjut (Ahmad dkk., 2023). Farrukh Hassan dkk. (2019) berhasil menggunakan transformasi Fourier dengan akurasi tinggi, tetapi terbatas dalam situasi kondisi operasional yang berbeda. Pendekatan deep learning, seperti DLFBR dan ECFAR, digunakan dalam penelitian oleh Bach Phi Duong dkk. pada tahun 2019 dan 2020, walaupun masih memiliki kendala ketergantungan pada pola sinyal dan tidak memiliki kemampuan lokalisasi kebocoran (Duong dkk., 2019, 2020). Thang Bui Quy dan Jong-Myon Kim pada tahun 2019 dan 2021 mengusulkan metode non-invasif dengan efisiensi komputasional tinggi, tetapi memerlukan perhatian terhadap keterbatasan sensitivitas sensor dan pengaruh lingkungan (Bui Quy & Kim, 2020; Quy & Kim, 2020). Terakhir, penelitian oleh Niamat Ullah, Zahoor Ahmed, dkk. pada tahun 2023 memperkenalkan platform berbasis machine learning untuk identifikasi dan lokalisasi akurat kebocoran pipa secara real-time dengan akurasi tinggi, meskipun kurang dalam memberikan detail data, komparasi dengan metode eksisting, dan ketergantungan penuh pada teknologi AE. Kesemua penelitian ini memberikan wawasan dalam perkembangan metode dan teknologi deteksi kebocoran dalam sistem perpipaan (Ullah dkk., 2023).

Dari keseluruhan jurnal atau artikel yang telah direview. Terdapat beberapa sensor yang umum digunakan dalam melakukan deteksi dengan emisi akustik. Sensor tersebut dimuat kedalam sebuah tabel, sebagai berikut.

Tabel 1  
Kelemahan dan keunggulan beberapa sensor emisi akustik

Sensor	Keunggulan	Kelemahan
The R151-AST	Sensitifitas Tinggi Range frekuensi tinggi (20 kHz to 1 MHz)	Peletakan sensor harus tepat Efek lingkungan sangat berpengaruh Proses signal mudah terganggu oleh noise dari luar
MDK-13 piezoelectric magnetic	Sensitifitas Tinggi Range frekuensi tinggi (50 to 500 kHz) Dapat mendeteksi perubahan kecil dari tekanan, percepatan dan gaya	Sensitive terhadap suhu Mudah Pecah (Rapuh) Rentana terhadap kebisingan dan gangguan.
AE104A, Vallen	Dapat Mendeteksi korosi Range frekuensi (100-400 kHz)	Akurasi dalam deteksi lokasi kerusakan rendah Filter Noise Buruk
Optical time-domain reflectometry ( $\phi$ -OTDR)	Tahan Korosi Sensitifitas Tinggi Tahan Terhadap gangguan elektrik	Akurasi Rendah Instalasi Sulit
RTS WDI-AST	Frekuensi range (200-900kHz) Dapat Mendeteksi berbagai kerusan Pipa Dapat diaplikasikan di dalam atau diluar pipa	Pengoprasian yang rumit Hasil gampang berubah tergantung kondisi dalam pipa.
(R6I)	Real- Time Monitoring Dapat mendeteksi korosi, retak	Perlu pemahaman tinggi untuk mendapatkan hasil yang akurat Mudah terpengaruh Noise

## SIMPULAN

Kesimpulan dari metodologi dan hasil penelitian ini adalah bahwa dalam upaya untuk meningkatkan deteksi dan identifikasi gangguan pada pipa, penelitian-penelitian terbaru telah mengadopsi pendekatan yang beragam dan inovatif. Penelitian dalam deteksi korosi menggunakan teknologi emisi akustik (AE) telah menghasilkan metode yang efektif dalam mendeteksi erosi-korosi dan kerusakan lainnya pada pipa bertekanan tinggi. Namun, tantangan yang terkait dengan sinyal AE yang bersifat non-stasioner dan ekstraksi fitur yang akurat masih menjadi perhatian utama. Selanjutnya, dalam deteksi retak, metode yang melibatkan analisis wavelet entropy dan teknik ensemble deep neural networks (EDNN) telah mencapai tingkat akurasi yang mengesankan, meskipun keterbatasan terkait dengan karakteristik sinyal AE perlu diatasi. Sementara itu, pendekatan lokalilasi sumber dengan teknologi AE dan lensa metamaterial berindeks gradien (GRIN) telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan inspeksi pipa, meskipun beberapa keterbatasan seperti pengaruh tekanan internal dan ketersediaan data perlu diperhatikan. Keseluruhan, perkembangan penelitian ini berkontribusi pada

pemahaman yang lebih baik tentang pemantauan dan pemeliharaan pipa, dengan prospek pengembangan lebih lanjut di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adegboye, M. A., Fung, W. K., & Karnik, A. (2019). Recent advances in pipeline monitoring and oil leakage detection technologies: Principles and approaches. Dalam *Sensors (Switzerland)* (Vol. 19, Nomor 11). MDPI AG.
- Ahmad, Z., Nguyen, T. K., & Kim, J. M. (2023). Leak detection and size identification in fluid pipelines using a novel vulnerability index and 1-D convolutional neural network. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 17(1).
- Alamri, A. H. (2020). Localized corrosion and mitigation approach of steel materials used in oil and gas pipelines – An overview. Dalam *Engineering Failure Analysis* (Vol. 116). Elsevier Ltd.
- Bui Quy, T., & Kim, J. M. (2020). Leak detection in a gas pipeline using spectral portrait of acoustic emission signals. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 152.
- Ceravolo, R., Civera, M., Lenticchia, E., Miraglia, G., & Surace, C. (2021). *Damage Detection and Localisation in Buried Pipelines using Entropy in Information Theory*. 7830.
- Duong, B. P., Kim, J., Kim, C. H., & Kim, J. M. (2019). Deep learning object-impulse detection for enhancing leakage detection of a boiler tube using acoustic emission signal. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(20).
- Duong, B. P., & Kim, J. M. (2018). Pipeline fault diagnosis using wavelet entropy and ensemble deep neural technique. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10884 LNCS, 292–300.
- Duong, B. P., Kim, J. Y., Jeong, I., Kim, C. H., & Kim, J. M. (2020). Acoustic emission burst extraction for multi-level leakage detection in a pipeline. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(6), 1–11.
- Gao, Y., Piltan, F., & Kim, J. M. (2022). A Hybrid Leak Localization Approach Using Acoustic Emission for Industrial Pipelines. *Sensors*, 22(10).
- Ju, T., & Findikoglu, A. T. (2021). *Monitoring of Corrosion Effects in Pipes with Multi-Mode Acoustic Signals*.
- Lu, H., Iseley, T., Behbahani, S., & Fu, L. (2020). Leakage detection techniques for oil and gas pipelines: State-of-the-art. Dalam *Tunnelling and Underground Space Technology* (Vol. 98). Elsevier Ltd.
- Lukonge, A. B., & Cao, X. (2020). Leak Detection System for Long-Distance Onshore and Offshore Gas Pipeline Using Acoustic Emission Technology. A Review. Dalam *Transactions of the Indian Institute of Metals* (Vol. 73, Nomor 7, hlm. 1715–1727). Springer.
- Nohal, L., Mazal, P., Vlastic, F., & Svobodova, M. (2019). Acoustic emission response to erosion-corrosion and creep damage in pipeline systems. *Procedia Structural Integrity*, 23, 227–232.

- Okudan, G., Danawe, H., Zhang, L., Ozevin, D., & Tol, S. (2021). Enhancing acoustic emission characteristics in pipe-like structures with gradient-index phononic crystal lens. *Materials*, 14(6).
- Onyebuchi, V. E., Kolios, A., Hanak, D. P., Biliyok, C., & Manovic, V. (2018). A systematic review of key challenges of CO<sub>2</sub> transport via pipelines. Dalam *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 81, hlm. 2563–2583). Elsevier Ltd.
- Peng, Z., Jian, J., Wen, H., Gribok, A., Wang, M., Liu, H., Huang, S., Mao, Z.-H., & Chen, K. P. (2020). Distributed fiber sensor and machine learning data analytics for pipeline protection against extrinsic intrusions and intrinsic corrosions. *Optics Express*, 28(19), 27277.
- Quy, T. B., & Kim, J. M. (2020). Leak localization in industrial-fluid pipelines based on acoustic emission burst monitoring. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 151.
- Quy, T. B., & Kim, J. M. (2021). Crack detection and localization in a fluid pipeline based on acoustic emission signals. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 150.
- Saboor, A., Rimsan, M., Hassan, F., Kamil Mahmood, A., Ab Rahim, L., & Muslim Jameel, S. (2021). *Clustering-Based Quantitative Evaluation Using Acoustic Emission Waveforms for Corrosion Detection* (Vol. 48, Nomor 7).
- Ullah, N., Ahmed, Z., & Kim, J. M. (2023). Pipeline Leakage Detection Using Acoustic Emission and Machine Learning Algorithms. *Sensors*, 23(6).
- Zhao, H., Li, Z., Zhu, S., & Yu, Y. (2020). Valve internal leakage rate quantification based on factor analysis and wavelet-bp neural network using acoustic emission. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(16).