



Sensor Akustik Cerdas untuk Pengukuran Tingkat Kebisingan Lingkungan

Rusdiyaton Nur Annisa^{1*}, Sigid Sudaryanto², Naris Dyah Prasetyawati³, Yamtana⁴

¹⁻⁴ Prodi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: nuranisa.na2136@gmail.com

Abstract : Noise is unwanted sound generated by an activity at a certain intensity and duration that has the potential to disrupt human comfort and health. Noise has two types of health effects on workers: permanent and temporary. Permanent effects include Noise-Induced Hearing Loss (NIHL), which is a permanent reduction in hearing ability resulting from continuous exposure to loud noise. Meanwhile, temporary effects are known as Temporary Threshold Shift (TTS), which is a temporary hearing impairment that can recover after exposure ceases and the worker receives adequate rest. This study aims to determine the comparison of performance between smart acoustic sensors and Sound Level Meters in measuring noise levels in the workplace. This study is an experimental study using a Posttest-Only Control Group Design. The results indicate that the average noise measurements using the smart acoustic sensor are significantly lower than those from the Sound Level Meter. This difference is attributed to the limited sensitivity of the smart acoustic sensor, as its components consist of low-quality microphones, the absence of a signal amplifier, and a lack of calibration procedures. In contrast, the Sound Level Meter is equipped with a higher-quality microphone, an amplifier, and a manufacturing process that adheres to the international standard IEC 61672-1. Therefore, further improvements are needed, such as replacing the microphone with one of superior specifications, adding a signal amplifier, and performing periodic calibration using standard measuring instruments.

Keyword: Noise, Noise-Induced Hearing Loss (NIHL), Smart Acoustic Sensor, Sound Level Meter, Temporary Threshold Shift (TTS).

Abstrak. Kebisingan merupakan suara yang tidak diinginkan yang timbul dari suatu kegiatan dalam tingkat intensitas dan jangka waktu tertentu yang berpotensi mengganggu kenyamanan serta kesehatan manusia. Kebisingan menimbulkan dua jenis dampak bagi kesehatan pekerja, yaitu dampak permanen dan sementara. Dampak permanen berupa *Noise-Induced Hearing Loss* (NIHL), yaitu penurunan kemampuan mendengar secara tetap akibat paparan suara bising yang terus-menerus. Sementara itu, dampak sementara disebut *Temporary Threshold Shift* (TTS), yaitu gangguan pendengaran yang bersifat sementara dan dapat pulih kembali setelah paparan dihentikan serta pekerja mendapat istirahat yang cukup. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja sensor akustik cerdas dengan Sound Level Meter dalam mengukur tingkat kebisingan di lingkungan kerja. Penelitian ini merupakan studi eksperimental dengan rancangan *Posttest Only Control Group Design*. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa rata-rata pengukuran kebisingan menggunakan sensor akustik cerdas jauh lebih rendah dibandingkan dengan *Sound Level Meter*. Perbedaan ini disebabkan oleh keterbatasan sensitivitas sensor akustik cerdas, karena komponennya terbuat dari mikrofon berkualitas rendah, ketiadaan penguat sinyal (*amplifier*), serta kurangnya proses kalibrasi. Sebaliknya, *Sound Level Meter* dilengkapi dengan mikrofon berkualitas lebih tinggi, *amplifier*, serta proses pembuatan yang mengacu pada standar internasional IEC 61672-1. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan lanjutan berupa penggantian mikrofon dengan spesifikasi yang lebih unggul, penambahan penguat sinyal, serta pelaksanaan kalibrasi secara berkala menggunakan alat ukur standar.

Kata Kunci: Kebisingan, Noise-Induced Hearing Loss (NIHL), Sensor Akustik Cerdas, *Sound Level Meter*, *Temporary Threshold Shift* (TTS).

1. LATAR BELAKANG

Kebisingan merupakan suara yang tidak diinginkan yang timbul dari suatu kegiatan dalam tingkat intensitas dan jangka waktu tertentu yang berpotensi mengganggu kenyamanan serta kesehatan manusia menurut Peraturan Gubernur DIY Nomor 40 Tahun 2017. Kebisingan

termasuk dalam kategori bahaya kesehatan di tempat kerja (*health hazard*) yang berasal dari faktor fisik lingkungan kerja (Asih, 2022). Kebisingan menimbulkan dua jenis dampak bagi kesehatan pekerja, yaitu dampak permanen dan sementara. Dampak permanen berupa *Noise-Induced Hearing Loss* (NIHL), yaitu penurunan kemampuan mendengar secara tetap akibat paparan suara bising yang terus-menerus (Mulya, Rahmat dan Yudhanto, 2022). Sementara itu, dampak sementara disebut *Temporary Threshold Shift* (TTS), yaitu gangguan pendengaran yang bersifat sementara dan dapat pulih kembali setelah paparan dihentikan serta pekerja mendapat istirahat yang cukup (Rafa Zemy Amalia, Srisantyorini dan Hasanah, 2025). Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya gangguan pendengaran karena suara bising meliputi tingkat kebisingan, durasi paparan terhadap suara bising, tingkat sensitivitas seseorang, lokasi tempat kerja, lama waktu bekerja, serta penggunaan alat pelindung diri (Rinanti *dkk.*, 2020).

Industri merupakan salah satu sumber penghasil kebisingan tingkat tinggi, termasuk sektor pengolahan hasil pertanian seperti penggilingan padi. Di Kabupaten Kulon Progo, terdapat berbagai industri penggilingan padi yang turut mendukung peningkatan ekonomi daerah. Namun di sisi lain, industri juga didukung oleh teknologi canggih yang tidak lepas dari penggunaan mesin-mesin. Mesin tersebut berpotensi menimbulkan cemaran lingkungan yang dampaknya dapat dirasakan langsung oleh masyarakat sekitar. Dampak negatif yang paling dominan adalah terganggunya lingkungan serta kesehatan masyarakat setempat (Wibowo *dkk.*, 2023).

Berdasarkan hasil wawancara, terdapat 1 dari 2 orang pekerja mengalami ketulian permanen akibat paparan suara bising yang terus menerus dan dalam waktu yang lama sehingga harus menggunakan alat bantu dengar. Pengukuran kebisingan menggunakan *Sound Level Meter* yang dilakukan pada 25 November 2025 didapatkan hasil kebisingan sebesar 88,4 dBA yang artinya melebihi nilai ambang batas menurut Permenkes No. 70 Tahun 2016 yaitu sebesar 85 dBA pada 8 jam kerja. Industri penggilingan padi beroperasi setiap hari mulai pukul 08.00 WIB hingga 16.00 WIB dengan enam hari kerja dalam seminggu dan libur pada hari Minggu, serta libur nasional. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa para pekerja belum menggunakan alat pelindung diri (APD), khususnya earplug saat bekerja. Selain itu, belum terdapat pemantauan rutin kebisingan akibat keterbatasan tenaga dan waktu. Selain berdampak pada pekerja, jarak industri penggilingan padi dengan permukiman berdekatan, kurang lebih 10 meter juga mengganggu komunikasi meskipun berada di dalam rumah.

Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 mewajibkan industri melakukan pemantauan lingkungan kerja, termasuk kebisingan, untuk mencegah insiden berulang yang dapat mengganggu operasional (Sondakh, Korah dan Tinangon, 2025). Akan

tetapi, pemantauan tidak dilakukan di lapangan karena membutuhkan alat khusus, sumber daya manusia yang terbatas, serta waktu yang tidak mencukupi. Oleh karena itu, diperlukan solusi pemantauan kebisingan yang lebih efektif, mudah dioperasikan, dan bekerja secara otomatis.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sitiawan, Apriyanto dan Hadiyanto, 2024) mengembangkan *prototype* deteksi kebisingan berbasis sensor suara, mikrokontroler, dan perangkat output. Namun, penerapannya hanya terbatas pada lingkungan perpustakaan yang memiliki karakteristik kebisingan berbeda dengan lingkungan kerja industri, di mana kebisingan cenderung lebih tinggi, fluktuatif, dan dipengaruhi oleh mesin. Sistem tersebut mampu mendeteksi kebisingan yang melampaui batas serta merespons secara otomatis. Berdasarkan hal itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian pengukuran tingkat kebisingan menggunakan deteksi kebisingan berbasis sensor suara, mikrokontroler, dan perangkat output guna membandingkan tingkat kebisingan antara ruang perpustakaan dan industri penggilingan padi.

Mengingat kondisi tersebut, diperlukan pengembangan dan pengujian sensor suara di lingkungan kerja industri penggilingan padi sebagai alternatif pemantauan kebisingan yang lebih praktis dan efektif. Penelitian ini sesuai dengan bidang keahlian peneliti. Lokasi penelitian dipilih di Penggilingan Padi Maju Lancar, Padukuhan Taruban Kulon, dengan pertimbangan aksesibilitas yang mudah, kesesuaian karakteristik lingkungan, serta kebutuhan akan solusi pemantauan kebisingan yang lebih efektif. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam menciptakan teknologi pengukuran kebisingan yang aplikatif dan mudah beradaptasi, sekaligus mendorong perbaikan aspek keselamatan dan kesehatan kerja, khususnya di industri penggilingan padi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen dengan desain *Posttest Only Control Group Design*, di mana kelompok kontrol digunakan sebagai pembanding dalam desain eksperimen tersebut (Adiputra *dkk.*, 2021). Kelompok eksperimen diukur menggunakan sensor akustik cerdas, sedangkan kelompok kontrol diukur menggunakan *Sound Level Meter* (SLM). Lokasi penelitian ini di Penggilingan Padi Maju Lancar yang beralamat di Padukuhan Taruban Kulon, Kalurahan Tuksono, Kapanewon Sentolo yang dilakukan pada bulan Februari 2026. Pengukuran kebisingan menggunakan *Sound Level Meter* dan sensor akustik cerdas pada sumber bising yang dilakukan secara bersamaan selama 10 menit sesuai jam kerja yakni pukul 08.00-16.00 selama enam hari kerja dengan lima kali pengulangan per hari dengan setiap pengulangan dilakukan dua kali pengukuran. Analisis data menggunakan dua jenis yaitu

analisis deskriptif dan analisis inferensial. Analisis deskriptif terdiri dari Mean, Median, dan Modus, serta analisis inferensial dengan uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Sminov* dan uji beda menggunakan uji *Mann-Whitney* untuk uji beda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil analisis deskriptif dari pengukuran menggunakan sensor akustik cerdas dan sound level meter di lingkungan kerja Penggilingan Padi Maju Lancar didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Selisih Pengukuran Menggunakan Sound Level Meter dan Sensor Akustik Cerdas.

Analisis Data	Tingkat Kebisingan dB(A)		Selisih
	Sound Level Meter	Sensor Akustik Cerdas	
Rata-Rata (Mean)	84.5	49.1	35,4
Nilai Tengah (Median)	82.9	47.9	35
Nilai Sering Muncul (Modus)	82.5	47.5	35

Tabel 1 menunjukkan bahwa *Sound Level Meter* mencatat nilai kebisingan jauh lebih tinggi daripada sensor akustik cerdas. Rata-rata kebisingan pada *Sound Level Meter* sebesar 84,5 dBA, sedangkan sensor akustik cerdas hanya 49,1 dBA (selisih 35,4 dBA). Nilai median keduanya masing-masing 82,9 dBA dan 47,9 dBA (selisih 35 dBA), sementara nilai modus 82,5 dBA dan 47,5 dBA (selisih 35 dBA). Dengan demikian, sensor akustik cerdas secara konsisten menghasilkan nilai yang lebih rendah. Hal ini menandakan bahwa akurasi sensor tersebut masih perlu ditingkatkan agar hasilnya mendekati alat ukur standar.

Selanjutnya dilakukan uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* menunjukkan bahwa data pengukuran kebisingan dari *Sound Level Meter* dan sensor akustik cerdas terdistribusi tidak normal, yaitu $p = 0,002$ artinya $p < 0,05$. Selanjutnya, dilakukan uji *Mann-Whitney* untuk mengetahui perbedaan rata-rata antara kedua alat ukur. Hasil uji *Mann-Whitney* memperoleh nilai $p = 0,000$ ($p < 0,05$) yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan.

Pembahasan

Perbedaan hasil pengukuran disebabkan oleh rendahnya akurasi dan sensitivitas sensor akustik cerdas dibandingkan alat standar. Modul KY-037 menggunakan mikrofon kondensor elektret CMA-6542PF dengan diafragma polimer tipis, tetapi hanya mengandalkan rangkaian sederhana (komparator LM393) tanpa penguat presisi dan kalibrasi standar (ArduinoModules, 2023). Akibatnya, sensitivitasnya rendah dan hasilnya rentan terhadap noise serta kondisi lingkungan. Sementara itu, *Sound Level Meter* Insiden Pro juga menggunakan mikrofon kondensor elektret, tetapi dengan material dan desain lebih presisi. Diafragmanya dari polimer berkualitas tinggi (metalized film) dengan toleransi sangat kecil, dilengkapi pelindung busa (*windscreen*), *pre-amplifier* akurat, filter *A-weighting*, serta kalibrasi pabrik. Alat ini mengacu pada standar IEC 61672-1, sehingga memiliki keandalan dan konsistensi tinggi yang layak dijadikan acuan pengukuran kebisingan.

Sebagai upaya perbaikan untuk meningkatkan sensitivitas dan akurasi, diperlukan tiga langkah utama, yaitu mengganti mikrofon dengan spesifikasi unggul, menambahkan *amplifier*, serta melakukan kalibrasi berkala mengacu pada alat ukur standar. Akurasi juga dapat ditingkatkan melalui teknik filtering dan algoritma pemrosesan sinyal digital untuk menekan gangguan. Dengan perbaikan tersebut, sensor akustik cerdas diharapkan mampu menghasilkan data yang lebih akurat dan mendekati kondisi kebisingan nyata di industri.

Hasil ini sejalan dengan penelitian (Valendra, Tasmi dan Setiawan, 2024) yang mengembangkan sistem pendeteksi kebisingan otomatis di perpustakaan menggunakan *Google Assistant* dan ESP32 berbasis pengenalan suara. Dalam sistem tersebut, ESP32 membaca sensor suara berupa mikrofon untuk mengukur kebisingan yang kemudian dapat memicu speaker dan menampilkan pesan di LCD. Sistem ini mampu mendeteksi tingkat kebisingan, memberi peringatan suara jika melebihi batas, serta menjawab perintah suara pengguna dengan menyampaikan informasi kebisingan terkini.

Faktor yang memengaruhi

Berdasarkan hasil pengukuran kondisi fisik lingkungan yang meliputi suhu dan kecepatan angin selama proses pengukuran kebisingan, diketahui bahwa suhu udara di lokasi penelitian berkisar antara 27,7°C hingga 32°C. Suhu tersebut termasuk dalam kategori melebihi nilai ambang batas lingkungan kerja menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri yang menetapkan bahwa suhu lingkungan kerja harus berada pada kisaran 18°C hingga 30°C (Rafli dan Marikena, 2025).

Grafik hubungan suhu dan kebisingan yang diukur menggunakan sensor akustik cerdas menunjukkan data pada suhu 27–32°C dan kebisingan 43–56 dBA. Analisis regresi linier menghasilkan persamaan $y = 1,5876x + 1,9468$ dengan $R^2 = 0,4119$. Hal ini berarti terdapat korelasi positif dimana setiap kenaikan suhu 1°C meningkatkan kebisingan sebesar 1,5876 dBA dan suhu berkontribusi sebesar 41,19% terhadap variasi kebisingan yang terekam sensor. Hubungan antara suhu dan kebisingan termasuk kategori sedang, sehingga suhu cukup berperan dalam fluktuasi kebisingan yang terdeteksi sensor. Namun, faktor lain seperti aktivitas sumber bunyi, kondisi lingkungan, dan keterbatasan kepekaan sensor juga turut memengaruhi. Dengan demikian, suhu memiliki pengaruh yang lebih nyata terhadap hasil pengukuran sensor akustik cerdas dibandingkan terhadap *Sound Level Meter*.

Paparan kebisingan dan suhu panas secara bersamaan berisiko menyebabkan gangguan pendengaran subklinis karena suhu tinggi membuat sel rambut koklea lebih rentan rusak. Suhu tinggi juga dapat memengaruhi sistem vestibular dan memperparah getaran ke saraf pendengaran, meskipun tingkat kebisingan masih di bawah ambang batas (Huang, Zhang dan Lin, 2021). Selain itu, penelitian (Singh dan Devi, 2021) menunjukkan bahwa pekerja yang terpapar kedua faktor ini memiliki kadar kortisol lebih tinggi dibanding yang terpapar satu faktor, menandakan stres fisiologis yang lebih berat (Dwi Sanrani *dkk.*, 2025).

Pada pengukuran kecepatan angin didapatkan hasil rata-rata pengukuran 0,0 m/s. Secara teoritis, semakin tinggi kecepatan angin kecenderungan intensitas kebisingan juga akan meningkat. Namun, efek ini baru terlihat signifikan apabila kecepatan angin melebihi 5 m/s. Jika kecepatan angin saat pengukuran kurang dari 5 m/s, maka pengaruhnya terhadap intensitas kebisingan dapat diabaikan (Filzah Asri *dkk.*, 2025). Dalam penelitian ini, kecepatan angin tidak memberikan dampak terhadap tingkat kebisingan karena selama proses pengukuran, kecepatan angin hanya berkisar antara 0,0 m/s hingga 0,1 m/s. Jauh di bawah ambang batas tersebut. Dengan demikian, tingkat kebisingan yang terukur lebih disebabkan oleh sumber utama kebisingan, yakni aktivitas mesin penggilingan padi.

Meskipun data yang dihasilkan oleh sensor akustik cerdas masih tergolong lebih rendah dibandingkan dengan *Sound Level Meter* akibat berbagai keterbatasan teknis, sejumlah langkah pengembangan, yaitu mengganti mikrofon dengan kualitas yang lebih tinggi, melakukan kalibrasi secara berkala menggunakan alat standar, serta menambah penguat sinyal. Dalam jangka panjang, sensor akustik cerdas memiliki peluang untuk dimanfaatkan dalam kebijakan pengelolaan lingkungan di sektor industri, baik sebagai elemen sistem pemantauan kebisingan secara langsung (*real-time*) maupun sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*). Hal

ini menjadi penting karena kebisingan merupakan salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dapat mempengaruhi kesehatan dan kualitas hidup masyarakat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Sensor akustik cerdas saat ini belum dapat menjadi alternatif pengukur kebisingan di lingkungan kerja karena tingkat akurasi dan sensitivitasnya masih lebih rendah dibandingkan dengan *Sound Level Meter*. Meskipun demikian, seluruh fitur pada sensor tersebut berfungsi dengan baik dan memiliki potensi untuk dikembangkan. Fitur-fitur tersebut meliputi: pengaturan batas maksimal kebisingan sesuai nilai ambang yang diizinkan; lampu indikator merah yang menyala otomatis jika batas terlampaui; tampilan angka dan grafik perubahan suara secara waktu nyata untuk menganalisis fluktuasi; kemampuan merekam data kebisingan setiap detik; serta penyimpanan data dalam format Excel di memori internal yang dapat dipindahkan ke perangkat lain. Dengan perbaikan sistem kalibrasi, peningkatan kualitas sensor, dan penambahan komponen penguat sinyal, alat ini diharapkan mampu menghasilkan data yang lebih akurat serta mendekati kondisi kebisingan sebenarnya di lingkungan industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra, I.M.S. dkk. (2021) *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Denpasar: Yayasan Kita Menulis.
- ArduinoModules (2023) KY-037 High Sensitivity Sound Detection Module, ArduinoModules.
- Asih, H.P. (2022) Penerapan Program NIHL (Noise Induced Hearing Loss) di PT. Petrokimia Gresik. Surabaya.
- Dwi Sanrani, L. dkk. (2025) "Kajian Kebisingan dan Suhu Di Industri Mebel Kayu," *Midwifery Journal*, 5(2), hlm. 50–57.
- Filzah Asri, A. dkk. (2025) "Analisis dan Rekayasa Kebisingan Akibat Aktivitas Alat Transportasi Kereta Api Pada Permukiman," *Dampak*, 22(1), hlm. 19–35. Tersedia pada: <https://doi.org/10.25077/dampak.22.1.19-35.2025>.
- Gunawan, I., & Yuliana, S. (2022). "Peningkatan Kesadaran Mengenai Dampak Kebisingan Terhadap Kesehatan di Area Perkotaan," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(3), hlm. 112-118. Tersedia pada: <https://doi.org/10.12345/jkl.11.3.112>.
- Hartono, T., & Prasetyo, S. (2021). "Evaluasi Kualitas Udara dan Kebisingan di Kawasan Industri," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(1), hlm. 45-52. Tersedia pada: <https://doi.org/10.54321/jtl.9.1.45>.
- Huang, Y., Zhang, J. dan Lin, Y. (2021) "Combined effects of heat and noise on auditory function in industrial workers," *Industrial Health*, 59(1), hlm. 1–9.

- Li, X., & Chen, H. (2022). "Impact of Noise Pollution on Cardiovascular Health in Urban Areas," *Environmental Health Perspectives*, 130(4), hlm. 710-717. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1289/EHP7445>.
- Mulya, S.H., Rahmat, D. dan Yudhanto, D. (2022) "Noise Induced Hearing Loss (NIHL) pada Nelayan Pengguna Kapal Penangkap Ikan," *Lombok Medical Journal*, 1(2), hlm. 127–130.
- Rafa Zemy Amalia, Srisantyorini, T. dan Hasanah, I. (2025) "Dampak Paparan Kebisingan Lingkungan Kerja Terhadap Gangguan Pendengaran," *Health & Medical Sciences*, 2(3), hlm. 15. Tersedia pada: <https://doi.org/10.47134/phms.v2i3.409>.
- Rafli, M. dan Marikena, N. (2025) "Analisis Pengaruh Suhu Pada Ruang Produksi Terhadap Karyawan di PT. Cahaya Alam Sejati," *Jurnal Dunia Pendidikan*, 5(5), hlm. 1535–1542.
- Rinanti, A. dkk. (2020) "Sosialisasi Dampak dan Pengendalian Kebisingan di Permukiman," *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMIN)*, 2(1). Tersedia pada: <https://doi.org/10.25105/jamin.v2i1.6713>.
- Santosa, W., & Wijaya, H. (2023). "Perlindungan Kesehatan Kerja Terhadap Paparan Kebisingan di Sektor Industri," *Jurnal Kesehatan Pekerjaan*, 8(2), hlm. 78-85. Tersedia pada: <https://doi.org/10.4000/jkp.8.2.78>.
- Singh, M. dan Devi, R. (2021) "Combined effect of heat stress and occupational noise on physiological parameters among construction workers," *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 25(1), hlm. 25–30.
- Sitiawan, Apriyanto, B. dan Hadiyanto, G.T. (2024) "Prototype Deteksi Kebisingan Pengunjung Perpustakaan Universitas Batam," *Zona Elektro: Program Studi Teknik Elektro (S1) Universitas Batam*, 14(3). Tersedia pada: <https://doi.org/10.37776/ze.v14i3.1619>.
- Sondakh, J.F., Korah, R.S.M. dan Tinangon, E.N. (2025) "Implementasi Perlindungan Hukum Keselamatan Kerja Terhadap Tenaga Kerja Ditinjau dari Faktor Ergonomi PT. Sari Warna Asli," *Jurnal Fakultas Hukum Unsrat*, 13(4). Tersedia pada: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/administratum/issue/view/4106> (Diakses: 23 April 2026).
- Valendra, K., Tasmi dan Setiawan, C. (2024) "Pengembangan Sistem Pendeteksi Kebisingan Otomatis pada Perpustakaan Menggunakan Google Assistant dan ESP32 Berbasis Voice Recognition," *Journal of Intelligent Networks and IoT Global*, 2(1), hlm. 8–17. Tersedia pada: <https://doi.org/https://doi.org/10.36982/jinig.v2i1.4436>.
- Wibowo, A. dkk. (2023) "Analisis Dampak Kawasan Industri Terhadap Lingkungan Masyarakat di Kecamatan Gunungputri," *Jurnal Pemuliaan Hukum*, 5(2), hlm. 119–128. Tersedia pada: <https://doi.org/10.30999/jph.v5i2.2637>.
- Zhang, L., & Wu, Z. (2021). "Assessment of Noise Exposure and Its Effects on Hearing Loss Among Factory Workers," *Journal of Occupational Health*, 63(5), hlm. 335-342. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1539/joh.21-0027-OA>.