

Jurnal Artikel

## Perancangan Sistem Pengukur Intensitas Suara Knalpot Kendaraan Bermotor Guna Menentukan Tingkat Standarisasi Berkendara Berbasis Internet of Things (IoT)

<sup>1</sup>Muhammad Rizky, <sup>2</sup>Ariyo Nurachman Satiya Permata, <sup>3</sup>Akbar Haryo Wicaksono, <sup>4</sup>Muhammad Alif Safril Hudya

Progam Studi Teknik Mesin, Universitas Pertahanan Republik Indonesia  
<sup>1</sup>[muhrizky280504@gmail.com](mailto:muhrizky280504@gmail.com), <sup>2</sup>[ariyo.satiya@idu.ac.id](mailto:ariyo.satiya@idu.ac.id), <sup>3</sup>[akbar071202@gmail.com](mailto:akbar071202@gmail.com),  
<sup>4</sup>[alifmuhammad4705@gmail.com](mailto:alifmuhammad4705@gmail.com)

\*Corresponding author – Email : [muhrizky280504@gmail.com](mailto:muhrizky280504@gmail.com)

### Abstrak

Permasalahan kebisingan dengan intensitas tinggi, baik di perkotaan maupun pedesaan, perlu segera ditangani karena mengganggu keseimbangan antara manusia dan lingkungan. Salah satu sumber kebisingan adalah suara knalpot kendaraan yang tidak sesuai standar sehingga melanggar regulasi. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 56 Tahun 2019, batas kebisingan ditetapkan maksimal 74 dB untuk mobil, 84 dB untuk mobil barang, dan 82 dB untuk sepeda motor. Untuk itu, diperlukan sistem pengukur intensitas suara kendaraan berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan Sound Level Meter (SLM) dengan satuan desibel (dB). Sistem ini dirancang dalam sebuah kotak yang dilengkapi sensor suara dan kamera untuk mengukur kebisingan secara real-time serta memberikan notifikasi jika melebihi ambang batas. Dengan mikrokontroler Arduino sebagai pengendali, perangkat dapat dipantau dari jarak jauh melalui smartphone. Kehadiran sistem ini diharapkan membuat pengawasan kebisingan kendaraan lebih efisien, mendukung terciptanya lingkungan yang sehat, serta meningkatkan kesadaran masyarakat untuk mematuhi standar kebisingan knalpot.

**Kata kunci:** knalpot kendaraan, Internet of Things (IoT), Arduino, kebisingan, Sound Level Meter (SLM)

### Abstract

The problem of high-intensity noise, both in urban and rural areas, needs to be addressed immediately as it disrupts the balance between humans and the environment. One major source of noise pollution is vehicle exhaust that does not comply with standards, thus violating regulations. According to the Regulation of the Minister of Environment and Forestry No. 56 of 2019, the maximum noise limits are set at 74 dB for cars, 84 dB for freight vehicles, and 82 dB for motorcycles. Therefore, an Internet of Things (IoT)-based vehicle sound intensity measurement system is needed, utilizing a Sound Level Meter (SLM) in decibels (dB). The system is designed in a box equipped with sound sensors and a camera to measure noise levels in real-time and provide notifications when thresholds are exceeded. With an Arduino microcontroller as the main controller, the device can be monitored remotely via a smartphone. This system is expected to improve the efficiency of vehicle noise monitoring, support the creation of a healthier environment, and increase public awareness of complying with exhaust noise standards

**Keywords:** vehicle exhaust, Internet of Things (IoT), Arduino, noise, Sound Level Meter (SLM)

## 1. PENDAHULUAN

Polusi suara merupakan salah satu masalah lingkungan yang serius namun sering

diabaikan. Menurut WHO, kebisingan dari lalu lintas jalan raya berdampak negatif pada kesehatan dan kualitas hidup masyarakat. Kebisingan adalah suara yang tidak diinginkan dan mengganggu, dapat

merugikan psikologi, fisiologi, komunikasi, dan pendengaran manusia. Paparan suara di atas 85 dB dalam waktu lama dapat menyebabkan noise-induced hearing loss (NIHL). WHO mencatat 8–12% penduduk dunia mengalami dampak kebisingan, dengan angka mencapai 120 juta jiwa pada 2011. Di Indonesia, survei Kementerian Kesehatan bersama FKUI mencatat 38 juta orang mengalami gangguan pendengaran. Regulasi di Indonesia, seperti Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 56 Tahun 2019, menetapkan ambang batas kebisingan kendaraan: mobil 74 dB, mobil barang 84 dB, motor 82 dB, motor 80–175 cc sebesar 80 dB, dan motor di atas 175 cc sebesar 83 dB. Salah satu penyebab utama polusi suara adalah knalpot kendaraan yang tidak sesuai standar.

Solusi yang ditawarkan adalah sistem pengukur intensitas suara berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat mendeteksi, menganalisis, dan memberi notifikasi bila kebisingan melampaui batas. Sistem ini menggunakan Sound Level Meter (SLM), sensor suara, mikrofon, dan kamera yang dirangkai dalam satu kotak untuk dilewati kendaraan. Mikrokontroler Arduino berfungsi sebagai pengendali dan terhubung dengan internet, sehingga data dapat dipantau dari jarak jauh.

Dengan adanya sistem ini, tingkat kebisingan kendaraan dapat diketahui secara real-time dan dibandingkan dengan standar yang berlaku. Data juga ditampilkan secara digital pada layar LCD, sehingga dapat membantu masyarakat maupun pihak berwenang dalam menegakkan aturan kebisingan kendaraan.

## 2. METODE

Dalam paper ini Prototipe desain yang dibuat terdiri dari beberapa bagian yang nantinya akan dirangkai dalam sebuah kotak besar sehingga menjadi satu-kesatuan alat pendeteksi suara berbasis IoT. Berikut beberapa komponen-komponen yang akan digunakan sebagai pelengkap deteksi suara. Terdapat dua set arduino yang telah dilengkapi dengan

mikrofon, guna untuk menerima ataupun menangkap suara yang dikeluarkan oleh knalpot kendaraan dengan batas jarak pengukuran knalpot terhadap mikrofon sesuai standar yakni 15 cm, kemudian juga dilengkapi dengan 2 kamera yang terhubung dan dapat dipantau secara langsung. Komponen-komponen berikut dirangkai menjadi satu kedalam kotak besar yang sudah disesuaikan ukurannya dengan standar jarak pengukuran kendaraan bermotor yang ada, sehingga penggunaannya praktis serta pengukuran suara knalpot yang efektif dan efisien.



Gambar 2. 1 Gambar Prototipe Desain

Tabel 2. 1 Spesifikasi Desain

No.	Komponen Desain	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Materi / Jenis	Keterangan
1	Kotak Deteksi Sensor Intensitas Suara	5,5	3	3	Baja ASTM A242	Rangka Utama
2	Kotak Sensor Suara	0,6	0,25	0,15	Aluminium Seri 1000	Rangka Sensor
3	Kamera	-	-	-	Kamera PTZ (Pan-Tilt-Zoom)	Perangkat Pendukung
4	Arduino	-	-	-	KY037 dan KY038	Perangkat Pendukung
5	Sensor	-	-	-	LM393 modul sensor suara	Perangkat Pendukung

### 2.1 Sound Level Meter (SLM)

Alat sensor untuk mengukur intensitas kebisingan kendaraan bermotor dalam satuan desibel (dB). SLM ini merupakan sensor akustik yang terhubung ke sistem berbasis IoT untuk pemantauan real-time. Sensor ini memiliki mikrofon dinamis yang fantastis yang mengukur level suara dari sumbernya. Sensor suara yang ditunjukkan pada Gambar adalah papan sirkuit ringkas dengan mikrofon (50Hz- 10kHz) LM393.



Gambar 2. 2 modul sensor pendeteksi suara

### 2.2 Mikrokontroler Arduino

Berfungsi sebagai pengontrol sistem dan memproses data yang dikumpulkan dari sensor audio dan kamera. Dalam penelitian ini, mikrokontroler Arduino dapat terhubung ke perangkat lain melalui jaringan IoT dan mengirimkan peringatan ketika tingkat kebisingan melebihi ambang batas. Oleh karena itu, Arduino memainkan peran penting dalam pengumpulan dan pengolahan data secara otomatis, membantu peneliti mengelola data mereka dengan lebih baik.



Gambar 2. 3 ESP8266 NODEMCU-12E

Peningkatan kebisingan akibat penggunaan knalpot racing memang menjadi perhatian khusus dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan regulasi pemerintah, knalpot kendaraan bermotor memiliki batas kebisingan yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 56 Tahun 2019. Untuk sepeda motor berkubikasi antara 80 cc hingga 175 cc, batas kebisingan maksimal

yang diperbolehkan adalah 80 dB, dan untuk motor di atas 175 cc, maksimalnya adalah 83 dB. Namun, knalpot racing sering kali melebihi ambang batas ini, yang menyebabkan penggunaannya banyak dilarang di jalan raya (Tempo Otomotif) (Kompas Otomotif).

Di lapangan, banyak pengendara yang menggunakan knalpot racing mendapatkan tindakan hukum, terutama ketika suara yang dihasilkan sangat bising, bahkan hingga 95 dB atau lebih. Hal ini tidak hanya meresahkan masyarakat karena gangguan suara, tetapi juga berpotensi melanggar Undang-Undang Lalu Lintas (UU No. 22 Tahun 2009). Oleh karena itu, pengguna knalpot racing bisa dikenakan sanksi, termasuk tilang atau denda (Tempo Otomotif)(Kompas Otomotif).

Selain dampak hukum, knalpot racing juga meningkatkan polusi suara di perkotaan, terutama di daerah padat penduduk. Peningkatan kebisingan di jalanan urban disebabkan oleh popularitas penggunaan knalpot modifikasi ini, yang berkontribusi pada kebisingan di atas batas toleransi bagi lingkungan sekitar.

### **3. HASIL DAN DISKUSI**

#### **3.1 Penyajian Data Hasil Penelitian**

Berdasarkan hasil data diatas, sistem tersebut dirancang menggunakan algoritma yang sudah dibuat sedemikian rupa. Untuk memulai, disiapkan semua variabel yang akan diperlukan di seluruh program dengan menggunakan kode. Untuk mendapatkan tempat analog mikrofon yang tepat, gunakan kalibrasi untuk menyamakan jarak tempat analog kanan dengan kiri, dikarenakan jarak penghitungan intensitas suara knalpot motor memiliki standar uji jarak pengukuran yakni 15 cm, sehingga didapat 2 kode berbeda di setiap perangkat sensor arduino tersebut.

Untuk sensor arduino bagian kanan mengalami kalibrasi sejauh 70 cm dikarenakan lebih berdekatan dengan knalpot kendaraan dibandingkan dengan

sensor arduino bagian kiri. Dapat diatur variabel untuk penyimpanan data suara menggunakan int mic value dan long total value, untuk sampel digunakan 100, agar jumlah sampel untuk pengambilan data lebih akurat. Setelah melakukan set up kalibrasi pada variabel, dapat gunakan if untuk pengambilan sampel sensor serta mengakumulasi nilai dalam penghitungan nilai rata-rata setiap suara.

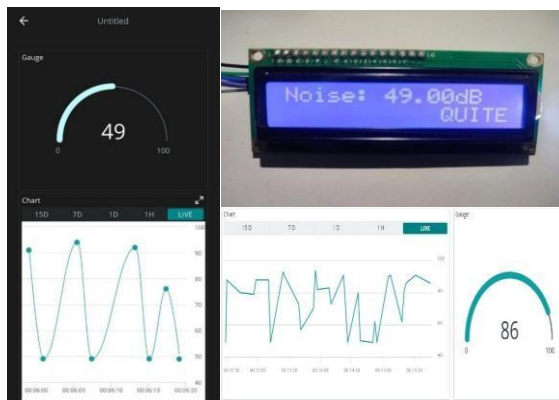
Setelah mengkonfirmasi semua kondisi, akan dihitung selisih antara sinyal maksimum dan minimum sehingga menjadi sebuah rata-rata yang nantinya menjadi hasil akhir. Program ini dirancang dalam variabel C++. Kemudian gunakan kalibrasi sebagai perubah nilai rata-rata tersebut ke dalam nilai deciBel (dB), variabel sebenarnya.

Untuk pemrograman sensor arduino sebelah kiri juga terdapat kalibrasi, namun kalibrasi sensor sebelah kiri berbeda dengan sebelah kanan. Didapatkan hasil kalibrasi sebelah kiri dengan lebar 230 cm dari hasil perhitungan jarak antara dinding kotak dengan center dari mobil tersebut memiliki lebar 150 cm kemudian lebar tersebut ditambahkan lagi dengan lebar center mobil ke knalpot mobil tersebut dengan lebar 80 cm. Lebar 80 cm didapatkan dari setengah dari ukuran mobil dengan lebar 90 cm dikurangi dengan jarak knalpot mobil dengan badan mobil sebelah kanan dengan lebar 10 cm. Jadi didapatkan jarak antara sensor suara di dinding kiri dengan knalpot adalah 230 cm. Jadi sistem ini menggunakan kode program kalibrasi dengan jarak 230 cm.

#### **3.2 Analisis dan Interpretasi Data**

Pada bagian hasil dan analisis, sistem dirancang agar bekerja maksimal dengan tingkat keberhasilan tinggi. Perancangan memperhatikan faktor seperti kompatibilitas Arduino, ketepatan data, kalibrasi jarak sensor terhadap knalpot, serta komunikasi sensor dan kontroler. Untuk memvalidasi kinerja, sistem diuji dengan suara keras dan terbukti memberikan hasil yang ideal. Selain itu,

pengujian dalam ruangan kedap suara juga menunjukkan hasil sesuai harapan. Output sensor ditampilkan pada layar LCD dan dasbor Android IoT Cloud. LCD menampilkan tingkat kebisingan dalam desibel dan mode kebisingan di area tertentu, seperti terlihat pada Gambar 6(a). Data juga divisualisasikan dalam bentuk grafik terhadap waktu, yang menunjukkan intensitas kebisingan di berbagai lingkungan, ditampilkan pada Gambar 6(b). Aplikasi seluler menampilkan hasil pengukuran dengan jelas melalui dasbor berupa grafik dan indikator pengukur, seperti pada Gambar 6(c). Dengan adanya aplikasi berbasis cloud, masyarakat dapat dengan mudah memantau tingkat kebisingan di sekitar mereka melalui ponsel pintar, sehingga informasi menjadi lebih praktis dan bermanfaat.

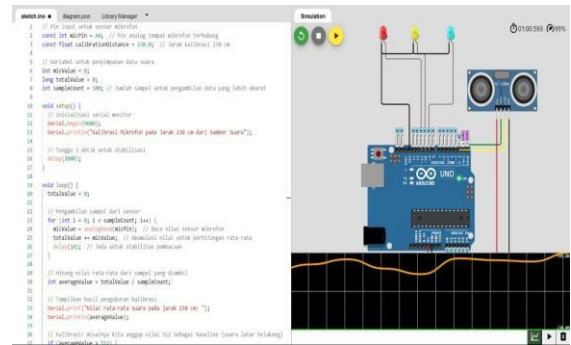


Gambar 3. 1 Output pembacaan sensor

### 3.3 Simulasi kalibrasi arduino

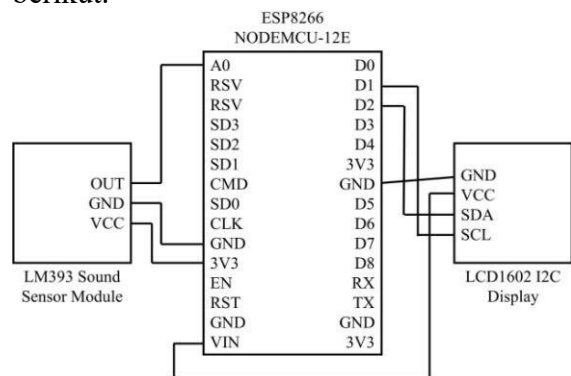


Gambar 3. 2 Simulasi kalibrasi arduino jarak 70 cm selama 1 menit



Gambar 3. 3 Sensor kiri jarak kalibrasi 230 cm

Sistem dibangun dengan menggunakan modul sensor suara LM393 dan ESP 8266. Untuk menyelesaikan koneksi, GND modul sensor terhubung ke GND ESP8266. Selain itu, pin VCC dan OUT dari modul sensor terhubung ke 3V3 dan A0 pada ESP8266. Di sisi lain, pin GND Layar 12C LCD1602, terhubung ke pin GND ESP8266. VCC LCD juga terhubung ke VIN ESP8266. Pin SDA dan SCL layar LCD terhubung ke pin D2 dan D1 ESP8266. Diagram blok dapat ditunjukkan pada Gambar 7. Koneksi pin antara tiga komponen perangkat keras ESP8266 NODEMCU 12 E, mikrofon 295, LM393, dan layar 12C LCD1602 masing-masing ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

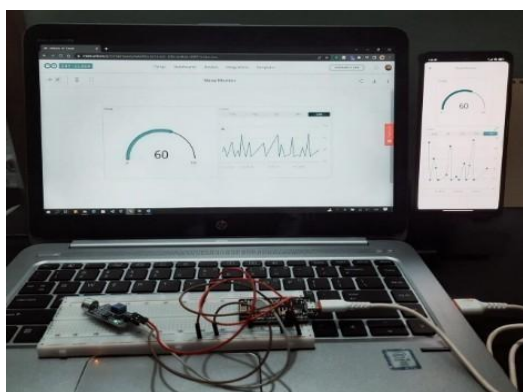


Gambar 3. 1 Diagram blok dari sistem yang diusulkan

Tabel 3. 1 Koneksi pin NodeMCU-12E dan LM393

Pin ESP8266	Modul sensor deteksi suara mikrofon	Pin tampilan I2C
NODEMCU-12E	LM393	LCD1602
3V3	VCC	-
GND	GND	GND
A0	OUT	-
VIN	-	VCC
D1	-	SCL
D2	-	SDA

Cloud IoT Arduino harus terhubung ke sistem perangkat keras. Pengaturan harus diselesaikan sesuai dengan kebijakan sistem yang dibuat, seperti halnya mengatur variabel ke variabel dan mengumpulkan ethernet ke cloud tersebut, setelah berhasil masuk ke perangkat lunak. Terakhir, dapat mengatur NodeMCU 1.0 (modul ESP-12E) dan konfigurasi port. Sebelum dihubungkan konfigurasi perangkat keras, dipastikan harus meluncurkan agen Arduino dari PC yang disediakan. Dengan ini harus dilakukan perubahan pada area rasa, tepat di samping papan, dengan memilih bandwidth V2 IPV6 yang lebih tinggi dan semua konten flash untuk pekerja lebih lanjut. Dengan ini dibuat kode dan mengirimkan hasil kerja ke program dan papan setelah dapat diselesaikan semua langkah-langkah yang ada. Setelah berhasil mengunggah, akan didapat data real-time yang sangat dibutuhkan dari lingkungan dan juga percobaan-percobaan yang akan dilakukan. Di sisi lain, untuk aplikasi seluler, buka Google Play Store dan unduh aplikasi jarak jauh Arduino IoT. Pertama-tama diharuskan masuk ke dalam aplikasi menggunakan informasi yang telah disediakan, atau dapat juga menggunakan Google untuk melakukannya. Sangat diharuskan untuk mengonfigurasi program setelah masuk dengan menghubungkan ke server, yang terjadi secara otomatis. Ketika pengguna berhasil masuk ke dalam aplikasi, data dari tempat uji tersebut diambil, dan dasbor pengguna menampilkan tingkat intensitas kebisingan di lingkungan tersebut. Gambar 3.5 menjelaskan



Gambar 3.5 pengaturan sistem

pengaturan sistem yang telah diusulkan adalah pengaturan perangkat keras sistem.

```

lcd.setCursor(0, 0)
lcd.print("Kebisingan: " + db + " dB")
if (db <= 60)
  lcd.print("CUKUP")
else if (db > 60 && db < 83)
  lcd.print("SEDANG")
else if (db <= 83)
  lcd.print("TINGGI")
  penundaan (1500)

```

Untuk menunjukkan tingkat intensitas kebisingan pada layar LCD, dapat digunakan pustaka LiquidCrystalLiquidCrystal I2C untuk modul layar LCD I2C. Ditunjukkan nilai desibel dari intensitas kebisingan pada baris pertama layar LCD. Dan, pada baris kedua layar LCD, ditunjukkan status intensitas kebisingan. LCD bekerja lalu dilanjutkan dengan mengatur kode program. Kemudian dapat diberikan readln statement, yang akan mencetak tampilan output ketika sistem mulai bekerja sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.

Setelah itu, sistem akan memeriksa kondisi dan menampilkan pesan QUITE pada layar LCD jika nilai desibel kurang dari atau sama dengan 60 desibel. Sekali lagi, jika kondisi desibel lebih dari atau sama dengan 83 decibel, output pada layar akan menjadi HIGH. Namun, jika kedua kondisi tersebut tidak terpenuhi, maka akan menghasilkan output MODERATE, yang berada di tengah-tengah kedua nilai di atas. Kondisi moderat didefinisikan sebagai tingkat decibel yang lebih keras dari 60 decibel tetapi kurang dari 83 decibel. Setelah menunda pengumpulan data selama 1.500 milidetik, data baru terkumpul.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan dianalisis, dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi dan sensitivitas sensor suara dalam mendeteksi berbagai jenis frekuensi yang telah diformat secara standar menunjukkan performa yang sangat signifikan. Penentuan jarak pengukuran

intensitas suara pada knalpot kendaraan bermotor menjadikan alat ini praktis dalam penggunaan sehingga memudahkan pendeteksian intensitas suara oleh sensor suara Arduino yang telah dikalibrasikan sesuai jarak ukur terhadap knalpot. Sensor suara juga dapat dioptimalkan dengan integrasi kamera yang terhubung dengan perangkat sensor, sehingga setiap kendaraan bermotor yang melewati kotak sensor intensitas suara dapat terdeteksi, terdokumentasi, dan ditampilkan pada layar LCD sebagai bukti. Algoritma pengolahan sinyal yang digunakan, yaitu pemrograman kalibrasi antara jarak kedua sensor suara terhadap knalpot, mampu meningkatkan akurasi sensor dalam menangkap intensitas suara dengan hasil yang konsisten. Dengan memanfaatkan sistem Arduino KY037 dan KY038, integrasi alat menjadi lebih maksimal dan mendukung pihak berwenang dalam menegakkan peraturan agar kendaraan bermotor menggunakan knalpot sesuai standar, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 56 Tahun 2019 tentang Ambang Batas Kebisingan Kendaraan, yaitu 80 dB untuk sepeda motor dengan kubikasi 80–175 cc dan 83 dB untuk sepeda motor dengan kubikasi di atas 175 cc.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Alesheikh, Ali Asghar, and Manouchehr Omidvari. 2006. "O OR RI IG GI IN NA AL L A AR RT TI IC CL LE E Application of GIS in Urban Traffic Noise Pollution." 2(2): 79–84. <http://ijoh.tums.ac.ir>.
- Arduino, The, David Cuartielles, Gianluca Martino, Tom Igoe, David Mellis, and Massimo Banzi. 2015. "The Making of Arduino How Five Friends Engineered a Small Circuit Board That 's Taking the DIY World by Storm Photo : Massimo Banzi The Arduino Team Contracted with a Company That Can." : 2–4.
- Bartalucci, C., F. Borch, M. Carfagni, R. Furferi, L. Governi, R. Silvaggio, S. Curcuruto, and L. Nencini. 2017. "Design of a Prototype of a Smart Noise Monitoring System." In 24th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2017,.
- Czyzewski, A., J. Kotus, and M. Szczodrak. 2012. "Online Urban Acoustic Noise Monitoring System." *Noise Control Engineering Journal* 60(1): 69–84. doi:10.3397/1.3670102.
- Fatema, Tashfat, Md Azizul Hakim, Tanjila Khan Mim, Mushrat Jahan Mitu, and Bijan Paul. 2023. "IoT Cloud Based Noise Intensity Monitoring System." *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 30(1): 289–98. doi:10.11591/ijeecs.v30.i1.pp289-298.
- Fernandez-Prieto, J.-A., J. Canada-Bago, and U. Birkel. 2022. "A Fuzzy Rule-Based System to Infer Subjective Noise Annoyance Using an Experimental Wireless Acoustic Sensor Network." *Smart Cities* 5(4): 1574–89. doi:10.3390/smartcities5040080.
- Garcia, Jaume Segura, Juan Jose Pérez Solano, Máximo Cobos Serrano, Enrique A. Navarro Camba, Santiago Felici Castell, Antonio Soriano Asensi, and Francisco Montes Suay. 2016. "Spatial Statistical Analysis of Urban Noise Data from a WASN Gathered by an IoT System: Application to a Small City." *Applied Sciences (Switzerland)* 6(12). doi:10.3390/app6120380.
- Guha, Argha Kamal, and Sharad Gokhale. 2023. "Urban Workers' Cardiovascular Health Due to Exposure to Traffic-Originated PM2.5 and Noise Pollution in Different Microenvironments." *Science of The Total Environment* 859: 160268. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2022.160268.
- Khatun, A., F. Bender, F. Josse, A.K. Mensah-Brown, and R.D. Anderson. 2019. "High-Sensitivity Magnetic Sensors Based on GMI Microwire-SAW IDT Design." In *IFCS/EFTF 2019 - Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symposium and European Frequency and Time Forum, Proceedings*, doi:10.1109/FCS.2019.8856050.

- Lu, Chao, Liang Gao, Quanke Pan, Xinyu Li, and Jun Zheng. 2019. "A Multi-Objective Cellular Grey Wolf Optimizer for Hybrid Flowshop Scheduling Problem Considering Noise Pollution." *Applied Soft Computing* 75: 728–49. doi:10.1016/J.ASOC.2018.11.043.
- Maisonneuve, N., M. Stevens, and B. Ochab. 2010. "Participatory Noise Pollution Monitoring Using Mobile Phones." *Information Polity* 15(1–2): 51–71. doi:10.3233/IP-2010-0200.
- Manglani, T., A. Srivastava, A. Kumar, and R. Sharma. 2022. "IoT Based Air and Sound Pollution Monitoring System for Smart Environment." In *Proceedings of the International Conference on Electronics and Renewable Systems, ICEARS 2022*, , 604–7. doi:10.1109/ICEARS53579.2022.9752128.
- Mohan, Lalit. 2017. "Research Paper on IOT Based Air and Sound Pollution Monitoring System." *International Journal of Computer Applications* 178(7): 36–49. doi:10.5120/ijca2017915840.
- Monti, Lorenzo, Mattia Vincenzi, Silvia Mirri, Giovanni Pau, and Paola Salomoni. 2020. "Raveguard: A Noise Monitoring Platform Using Low-End Microphones and Machine Learning." *Sensors* 20(19): 1–23. doi:10.3390/s20195583.
- Mori, Michitsugu, Masaru Kaino, Shigeru Kanemoto, Mitsuhiro Enomoto, Shigeo Ebata, and Shigeaki Tsunoyama. 2003. "Development of Advanced Core Noise Monitoring System for BWRS." *Progress in Nuclear Energy* 43(1–4): 43–49. doi:10.1016/S0149-1970(03)00009-X.
- Olayinka, O. S. 2012. "Noise Pollution in Urban Areas The Negle." *Environmental Research Journal* 6(4): 259–71.
- Ozer, Serkan, Hasan Yilmaz, Murat Yeşil, and Pervin Yeşil. 2009. "Evaluation of Noise Pollution Caused by Vehicles in the City of Tokat, Turkey." *Scientific Research and Essays* 4(11): 1205–13.
- Piczak, K.J. 2015. "Environmental Sound Classification with Convolutional Neural Networks." In *IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing, MLSP*, doi:10.1109/MLSP.2015.7324337.
- Rajagukguk, J., and N.E. Sari. 2018. "Detection System of Sound Noise Level (SNL) Based on Condenser Microphone Sensor." In *Journal of Physics: Conference Series*, doi:10.1088/1742-6596/970/1/012025.
- Rama Narayan Reddy, M., A.R. Somala, S. Jarupula, and B. Pakkiraiah. 2021. "Design of Optimal Integrator Control Algorithm for Single-Stage Grid Connected Solar Array System." In *2021 International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation, SeFet 2021*, doi:10.1109/SeFet48154.2021.9375774.
- Saki, F., and N. Kehtarnavaz. 2018. "Real-Time Hierarchical Classification of Sound Signals for Hearing Improvement Devices." *Applied Acoustics* 132: 26–32. doi:10.1016/j.apacoust.2017.11.007.
- Sambas, Aceng, Ardashir Mohammadzadeh, Sundarapandian Vaidyanathan, Ahmad Faisal Mohamad Ayob, Amiral Aziz, Mohamad Afendee Mohamed, Ibrahim Mohammed Sulaiman, and Mohamad Arif Awang Nawi. 2023. "Investigation of Chaotic Behavior and Adaptive Type-2 Fuzzy Controller Approach for Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) Wind Turbine System." *AIMS Mathematics* 8(3): 5670–86. doi:10.3934/math.2023285.
- Sani, Abba, and Patrick Beauty Ejiroghene. 2019. "Smart Framework for Environmental Pollution Monitoring and Control System Using IoT-Based Technology." *Sensors & Transducers* 229(1): 84–93. [https://www.researchgate.net/profile/Sani\\_Abba4/publication/331072544\\_Smart\\_Framework\\_for\\_Environmental\\_Pollution\\_Monitoring\\_and\\_Control\\_System\\_Using\\_IoT-Based\\_Technology/links/5c644c214585](https://www.researchgate.net/profile/Sani_Abba4/publication/331072544_Smart_Framework_for_Environmental_Pollution_Monitoring_and_Control_System_Using_IoT-Based_Technology/links/5c644c214585)

- 1582c3e6d40d/Smart-Framework-for-Environmental-Pollution-Monitorin.
- Soler-Llorens, J.L., J.J. Galiana-Merino, J.J. Giner-Caturla, S. Rosa-Cintas, and B.Y. Nassim-Benabdeloued. 2019. "Geophonino-W: A Wireless Multichannel Seismic Noise Recorder System for Array Measurements." *Sensors* (Switzerland) 19(19). doi:10.3390/s19194087.
- Talari, S., M. Shafie-Khah, P. Siano, V. Loia, A. Tommasetti, and J.P.S. Catalão. 2017. "A Review of Smart Cities Based on the Internet of Things Concept." *Energies* 10(4). doi:10.3390/en10040421.
- Xu, Chang, Zhang Yiwen, Baodong Cheng, Lingchao Li, and Mengzhen Zhang. 2020. "Study on Environmental Kuznets Curve for Noise Pollution: A Case of 111 Chinese Cities." *Sustainable Cities and Society* 63(September): 102493. doi:10.1016/j.scs.2020.102493.
- Zeng, Fan, Chuan Pang, and Huajun Tang. 2024. "Sensors on Internet of Things Systems for the Sustainable Development of Smart Cities: A Systematic Literature Review." *Sensors* 24(7). doi:10.3390/s24072074.
- Zimmerman, T., and C. Robson. 2011. 6696 LNCS Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Monitoring Residential Noise for Prospective Home Owners and Renters. doi:10.1007/978-3-642-21726-5\_3.