



Penerapan Internet of Things Untuk Rancang Bangun Pengukuran Tingkat Kebisingan pada Sarana Perkeretaapian

Teguh Arifianto^{a,*}, Santi Triwijaya^b, Ditya Nurma Paulina^c, Sunardi^d, Andrew Joewono^e,
Joewono Prasetijo^f

^{a,*}Teknologi Elektro Perkeretaapian, teguh@ppi.ac.id, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

^bTeknologi Elektro Perkeretaapian, santi@ppi.ac.id, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

^cTeknologi Elektro Perkeretaapian, ditya.tep1907@taruna.ppi.ac.id, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

^dTeknologi Elektro Perkeretaapian, sunardi@ppi.ac.id, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

^eProgram Studi Profesi Insinyur, andrew_sby@ukwms.ac.id, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

^fFakulti Teknologi Kejuruteraan, joewono@uthm.edu.my, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

Abstract. *Noise is an unexpected sound from business or activity at a certain level and time, which can cause reduced comfort. The causes of noise can be grouped based on the sound and noise spectrums. However, in general, noise sources come from traffic, industrial, aeroplane, and train activities. When the wheels scuff up against the rail surface, a train operates, producing noise. In this research, a design was created to monitor the noise level produced by railway facilities. This system is made using main components such as arduino uno, DFR0034 sound sensor, SIM800L, and other supporting components. The system is designed to be able to monitor and display data on the noise values that occur. The system is designed based on the internet of things so that it can display data automatically on the computer. Data can be accessed using thingspeak via SIM800L as an internet source, making it easy to observe and measure noise. This design testing was carried out using light rail transit trains, inspection trains, and lorries. Noise levels in trains range from 70 dB to 80 dB. If more than 80 dB is detected, the cause of the noise can be checked to maintain the comfort and safety of passengers and avoid more serious damage if damage is found to the facilities.*

Keywords: *internet of things, noise, railway facilities, thingspeak, train*

Abstrak. Kebisingan adalah bunyi yang tidak diharapkan dari usaha maupun aktivitas pada tingkat dan waktu tertentu yang dapat menyebabkan berkurangnya kenyamanan. Penyebab kebisingan dapat dikelompokkan berdasarkan spektrum bunyi dan kebisingan. Namun secara garis besar sumber bising berasal dari aktivitas lalu lintas, industri, pesawat terbang, dan kereta api. Kebisingan kereta api dihasilkan oleh pengoperasian ketika terjadinya gesekan roda dengan permukaan rel. Pada penelitian ini dibuat rancang bangun untuk memantau tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh sarana perkeretaapian. Sistem ini dibuat menggunakan komponen utama seperti arduino uno, sensor suara DFR0034, SIM800L, dan komponen pendukung lainnya. Sistem dirancang agar dapat memantau dan menampilkan data nilai kebisingan yang terjadi. Sistem dirancang dengan berbasis *internet of things* agar dapat menampilkan data secara otomatis pada komputer. Data dapat diakses menggunakan *thingspeak* melalui perantara SIM800L sebagai sumber internet sehingga mudah dalam mengamati dan mengukur kebisingan. Pengujian rancang bangun ini dilakukan dengan menggunakan sarana kereta *light rail transit*, *kereta inspeksi*, dan *lori*. Tingkat kebisingan di kereta berkisar antara 70 dB hingga 80 dB. Jika terdeteksi lebih dari 80 dB, dapat dilakukan pengecekan penyebab kebisingan guna menjaga kenyamanan dan keamanan penumpang serta menghindari kerusakan yang lebih parah apabila ditemukan kerusakan pada sarana.

Kata kunci: *internet of things, kebisingan, kereta api, sarana perkeretaapian, thingspeak*

LATAR BELAKANG

Kebisingan yaitu bunyi atau suara yang tidak diinginkan dan telah melampau batas tingkat kebisingan (Ardianty dkk, 2021). Kebisingan ditimbulkan oleh suara yang bergetar dan mengakibatkan terganggunya keseimbangan molekul-molekul udara di sekitarnya. Kebisingan dapat menimbulkan gangguan pada kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Peraturan tingkat kebisingan di lingkungan diatur dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan. Rincian tingkat kebisingan di lingkungan kegiatan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Standar baku tingkat kebisingan di peruntukan kawasan dan lingkungan kegiatan

No	Peruntukan Kawasan dan Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan DB (A)
a	Peruntukan kawasan	
	1 Perumahan dan pemukiman	55
	2 Perdagangan dan jasa	70
	3 Perkantoran dan perdagangan	65
	4 Ruang terbuka hijau	50
	5 Industri	70
	6 Pemerintahan dan fasilitas umum	60
	7 Rekreasi	70
	8 Khusus:	
	- Bandar udara *)	
	- Stasiun kereta api *)	
	- Pelabuhan laut	70
	- Cagar budaya	60
b	Lingkungan kegiatan	
	1 Rumah sakit atau sejenisnya	55
	2 Sekolah atau sejenisnya	55
	3 Tempat ibadah atau sejenisnya	55

Sumber: (Kepmeneg LH, 1996)

Tingkat kebisingan kereta api terbilang cukup tinggi akibat aktivitas pengoperasian kereta, lokomotif, bunyi sinyal pada perlintasan kereta api, stasiun, dan penjagaan serta pemeliharaan konstruksi rel. Hal tersebut dapat mengganggu kenyamanan penumpang dan lingkungan sekitar. Peruntukan kawasan khusus kereta api dengan nilai kebisingan antara 70 dB hingga 80 dB diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 7 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Kereta Api Kecepatan Tinggi (Permenhub, 2022). Sumber utama kebisingan yang ditimbulkan oleh kereta api berasal dari proses gesekan antara roda dan rel pada kereta api. Akibat gaya kontak lateral antar roda dengan rel tersebut yang menimbulkan suara bising dengan tingkat tekanan yang tinggi. Namun selain itu, Kebisingan juga dapat ditimbulkan akibat adanya kerusakan pada roda kereta karena adanya gesekan antara roda yang tidak bulat sempurna dengan rel yang membuat roda berjalan statis atau tidak berputar dengan semestinya. Menurut Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja menyebutkan bahwa nilai ambang batas kebisingan dengan waktu pemaparan 8 jam per hari yaitu sebesar 85 dBA (Permennaker, 2018).

Selama ini cara mengambil data kebisingan masih dilakukan secara manual dengan alat *sound level meter* yang dilakukan pada sarana. Dari permasalahan tersebut, peneliti ingin membuat sebuah rancang bangun untuk mengukur kebisingan berbasis *internet of things*. Dari penelitian ini, diharapkan memberikan kemudahan dalam mendeteksi dan memantau kebisingan yang terjadi pada sarana perkeretaapian. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui perbedaan nilai antara rancang bangun yang dibuat dengan *sound level meter*, mengetahui perbedaan hasil rancang bangun pengukur tingkat kebisingan antara rangkaian tanpa *electrolytic capacitor* dengan rangkaian menggunakan *electrolytic capacitor*, dan mengetahui rentang nilai yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan pada sarana *Light Rail Transit (LRT)* Sumatera Selatan, kereta inspeksi PPI Madiun, dan lori PPI Madiun.

KAJIAN TEORITIS

1. Penelitian Terdahulu

Sound Level Meter (SLM) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan sesaat. Untuk peningkatan kinerja, diperlukan suatu ukuran tingkat kebisingan yang dapat menampilkan hasil data secara otomatis pada komputer sehingga memudahkan pengguna dalam mengamati dan mengukur kebisingan. Dalam penelitian ini, desain sistem akuisisi data terdiri dari sensor suara MAX4466, *mikrokontroler arduino uno*, dan komputer sebagai penampil hasil pengukuran (Lapono & Pingak, 2018). Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk data dan grafik. Tampilan perangkat lunak dirancang menggunakan Delphi 7.0. Proses dari pengambilan data di dalam ruangan dengan intensitas suara sebesar 44,6 dB. Nilai merupakan hasil pengukuran menggunakan SLM, sedangkan hasil pengukuran menggunakan sensor suara dilakukan setiap detik, selang 30 detik diperoleh rata-rata 44,19 dB. Dapat disimpulkan bahwa

kedua hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang kecil, sehingga dapat diartikan bahwa desain ini berjalan dengan baik.

Kebisingan suara juga dapat diterapkan dalam sistem monitoring jarak jauh dengan menggunakan *transceiver SX1278* (Zepriyadi et al, 2022). Tujuan dalam penelitian ini yaitu mengetahui tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh mesin melalui penggunaan sensor MAX4466 dan transmisi jarak jauh melalui teknologi LoRa SX1278. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika teknologi LoRa SX1278 digunakan, kebisingan yang dihasilkan oleh sensor MAX4466 dapat digunakan dalam pengujian kebisingan. Pengukuran dilakukan di empat tempat berbeda. Hasil NLOS kebisingan adalah 87,2- 89,77 dB.

Pengukuran tingkat kebisingan dapat juga dilakukan pada keramaian kendaraan yang melintas (Hamzah et al, 2020). Penelitian ini menganalisa tingkat kebisingan yang terdapat di Kabupaten Majene. Lokasi tersebut dijadikan tempat pengambilan data karena dengan pertimbangan keramaian kendaraan yang sedang melintas. Indikator kebisingan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu aman (0-75 db), ambang batas bahaya (75-85 dB), dan bahaya (> 85 dB). Alat yang digunakan yaitu laptop, *smarthphone*, *sound level meter*, dan *arduino uno*. Hasil penelitian dalam indikator aman karena memiliki kebisingan di bawah 75 dB.

Suara atau bunyi yang tidak diinginkan disebut dengan bising. Bising diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu bising yang mengganggu, bising yang menutupi, dan bising yang merusak. Alat deteksi kebisingan sudah diimplementasikan di ruangan perpustakaan (Kalengkongan et al, 2018). Alat pendeteksi kebisingan ini membantu petugas perpustakaan tetap dalam kondisi nyaman dengan memanfaatkan sensor suara dan *mikrokontroller arduino uno* sebagai pusat pengontrolannya. Tujuan perancangan ini untuk memastikan bahwa aktivitas perpustakaan dengan kondisi tenang karena adanya alat media kontrol kebisingan.

Perpustakaan yaitu tempat atau ruangan yang digunakan untuk belajar dan membaca sehingga ruangan tersebut harus dalam kondisi nyaman dari gangguan yang berada di perpustakaan tersebut. Terkadang di dalam perpustakaan sering terjadi keributan yang dilakukan oleh pengunjung. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem untuk mendeteksi kebisingan (Hidayat et al, 2019). Alat tersebut menggunakan sensor suara yang terhubung dengan *arduino* dan dilengkapi dengan *buzzer* sebagai sistem peringatan serta panel LED sebagai tampilan untuk peringatan suara berupa teks. Aplikasi ini dapat dipantau secara *real time* dengan memanfaatkan teknologi *internet of things* melalui *web server*. Alat ini mendeteksi tingkat kebisingan dengan kisaran 41-69 dB, deviasi 0,6, rata-rata *error* sebesar 1%. Nilai rata-rata intensitas suara sebesar 56,24 dB. Nilai rata-rata keberhasilan sistem terhadap *buzzer* dan teks peringatan sebesar 97,3%. Tingkat keberhasilan pengiriman data ke *web server* pada pendeteksi tingkat kebisingan sebesar rata-rata 95%.

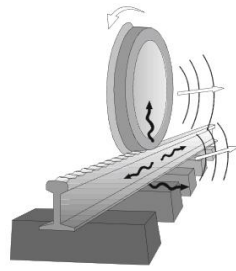
2. Kebisingan

Suara atau bunyi yang tidak diinginkan disebut bising (Sarwono, 2002). Bising tersebut tidak sesuai dengan ruang dan waktu sehingga dapat mengganggu kenyamanan dan kesehatan manusia. Sumber suara yang bergetar akan membuat suara menjadi bising. Getaran sumber suara mengganggu keseimbangan molekul udara di sekitarnya yang menyebabkan molekul tersebut ikut bergetar. Kebisingan juga dapat didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan dari kegiatan pada tingkat dan waktu tertentu yang dapat mengganggu kenyamanan lingkungan dan kesehatan manusia.

Jenis kebisingan terdapat 3 jenis yang sering kita temukan yaitu kebisingan kontinyu (kebisingan dengan nilai fluktuasi tidak lebih dari 6 dB pada intensitas suara), kebisingan terputus (kebisingan yang ditimbulkan akibat muncul dan perlahan akan menghilang suara tersebut), dan kebisingan impulsif (kebisingan dengan waktu 35 mili detik untuk mencapai puncaknya dan 500 mili detik untuk menurunkan intensitas sampai 20 dB di bawah puncaknya) (Surjono, 2012). Pengaruh kebisingan terhadap manusia salah pekerja mengalami penurunan konsentrasi dan fungsi konsentrasi (Fanny, 2015). Salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi waktu penyelesaian pekerjaan adalah kebisingan ruang kerja, di mana faktor lain seperti suhu, cahaya, *background*, kelembaban, gerakan kerja dianggap normal, dan tata letak (Yusuf, 2013).

3. Kebisingan Kereta

Suara bising yang dibuat oleh kereta api adalah hasil dari gerakan kereta yang melintas. Kebisingan yang dihasilkan oleh kereta api pada kecepatan konvensional berasal dari interaksi antara roda dan rel (Thompson & Jones, 2000). Sumber bising yang berasal dari kereta api yang melintas yaitu bunyi deru dari sistem lokomotif atau penggerak kereta api, bunyi dari peralatan kereta api seperti mesin, kipas angin, kompresor, atau sistem pendingin, bunyi aerodinamis, dan bunyi yang dihasilkan oleh interaksi antara roda dengan permukaan rel (Ahmad & Margiantono, 2021). Interaksi antara roda dengan permukaan rel menghasilkan tipe kebisingan yaitu *rolling noise*, bising *discontinue*, dan bising dencitan.



Gambar 1. Ilustrasi terjadinya kebisingan antara roda dan permukaan rel
Sumber: (Thompson, 2009)

4. Sarana Perkeretaapian

Kereta api yaitu jenis transportasi perkeretaapian yang menggunakan tenaga berpengerak yang dapat berjalan sendiri atau dirangkai dengan sarana kereta api lainnya (UU, 2007). Sarana perkeretaapian berdasarkan jenisnya terdiri dari lokomotif, gerbong, kereta, dan peralatan khusus. Dalam penelitian ini, sarana perkeretaapian yang digunakan yaitu *light rail transit*, *kereta inspeksi*, dan *lori*.

Light Rail Transit (LRT) merupakan salah satu jenis transportasi kereta api penumpang metropolitan berbasis rel elektrik yang beroperasi di wilayah perkotaan dan memiliki kemampuan untuk mengoperasikan kereta pendek di jalur khusus (Suranto et al, 2022). LRT memiliki karakteristik khusus yaitu menjalankan kereta pendek (2 atau 3 rangkaian kereta) dengan kecepatan rata-rata 55-60 km/jam pada stasiun yang padat. Untuk stasiun kurang padat, kecepatan sepanjang jalur rata-rata 65-70 km/jam. Sistem LRT beroperasi di wilayah perkotaan dan pinggiran kota tertentu (Teodorović & Janić, 2017).

Kereta inspeksi yaitu salah satu sarana perkeretaapian khusus yang berfungsi untuk pemeriksaan lintas, membawa petugas, dan membawa peralatan kerja (Perdir, 2011). Kereta inspeksi digunakan untuk memeriksa jalur, sarana, prasarana, dan pelayanan kereta api. Biasanya kereta api inspeksi ini sering beroperasi pada waktu tertentu seperti angkutan lebaran, natal, dan tahun baru. Kereta inspeksi yang terdapat di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun terdapat pengembangan sistem monitoring perangkat *dashboard* berbasis *microsoft visual studio* (Wibawanto et al, 2020).

Lori yaitu kendaraan angkut penggerak sendiri atau tanpa penggerak sendiri yang bisa diangkat dari rel untuk digunakan di jalan bebas oleh petugas yang berada di kendaraan tersebut selama tidak lebih dari 2 menit (Perdir, 2011). Lori digunakan untuk pemeriksaan prasarana, membawa petugas, dan peralatan kerja. Lori dibagi menjadi dua jenis yaitu lori motor dan tanpa motor. Lori dapat digunakan dengan izin atau perintah dari kepala unit pelaksana teknis perawatan prasarana.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. (a) LRT Sumatera Selatan, (b) kereta inspeksi dan (c) lori Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

Sumber: (a) (KAI, 2022), (b) Dokumen peneliti, 2022 dan (c) (Wijaya et al, 2021)

5. Arduino

Arduino yaitu platform *hardware* dan *software* yang bersifat *open source*, mudah digunakan, dan dapat digunakan untuk *prototype* elektronik (Darnita et al, 2021). Desainer, seniman, dan siapapun dapat merancang *arduino* yang dapat menciptakan objek secara interaktif (Arifin et al, 2016). *Arduino* memiliki bahasa pemrograman *C++* yang umum untuk fitur lunak yang ditanam di *board*. Pengguna dapat menulis, meng-*compile*, dan mengupload program dengan IDE. Hal ini memungkinkan siapa saja untuk mengembangkan imajinasi dan ide kreatif (Mandarani & Ariani, 2016).

Arduino board dapat digunakan dengan tegangan antara 6-12 volt. Jika diberikan tegangan di bawah 5 volt, *board* dikatakan tidak stabil. Jika dipaksakan dengan tegangan lebih dari 12 volt, board akan panas dan rusak. Penggunaan *arduino* dapat digunakan untuk *prototype* pendeteksi sarana pada RFID CT-1809 (Arifianto et al, 2021).

Tabel 2. Spesifikasi *arduino uno*

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Pengoperasian	5 V
Tegangan <i>Input</i> yang disarankan	7-12 V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6-20 V
Jumlah Pin I/O Digital	14 Pin Digital (6 diantaranya menyediakan <i>output</i> PWM)
Jumlah Pin <i>Input</i> Analog	6 Pin
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk Pin 3,3V	50 mA
<i>Memory Flash</i>	32 KB (ATmega328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328)
EPR0M	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

Sumber: Dokumen peneliti, 2022

6. Sensor Suara

Sensor suara yaitu sebuah alat yang dapat mengubah gelombang *sinusioda* menjadi gelombang sinus energi listrik (Aryanti et al, 2016). Seberapa kuat atau lemah gelombang listrik yang dihasilkan oleh sensor suara didasarkan pada seberapa besar atau kecil kekuatan gelombang suara yang mengenai membrannya. Ketika kumparan kecil dibalik membran bergerak naik dan turun, kekuatan gelombang suara yang mengenai membran ditentukan. SKU DFR0034 merupakan salah satu sensor suara analog yang digunakan untuk mendeteksi kebisingan di sekitar lingkungan.



Gambar 3. Sensor suara analog SKU DFR0034

Sumber: (DFRobot, 2017)

7. Modul SIM800L

Modul SIM yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SIM800L. SIM800L adalah modul GSM/GPRS dengan serial *interface*. Modul SIM ini dapat dihubungkan ke mikrokontroler apa pun untuk memungkinkan mikrokontroler melakukan fungsi GSM dan transmisi GPRS. Mikrokontroler dapat terhubung ke jaringan seluler melalui modul SIM800L yang memungkinkan untuk melakukan atau menerima panggilan telepon, mengirim pesan teks, menerima pesan teks, dan terhubung ke internet melalui protokol GPRS, TCP, atau IP. Selain itu, memiliki kemampuan untuk mendukung jaringan *quad-band* GSM/GPRS yang dapat digunakan di mana pun. Modul SIM800L banyak digunakan dalam proyek yang membutuhkan konektivitas jarak jauh karena fungsinya yang luas dan biayanya yang terjangkau. Selain itu, dapat diintegrasikan ke dalam proyek *Internet of Things* (IoT).

8. Thingspeak

IoT merupakan salah satu perkembangan kecerdasan teknologi informasi. Dengan *IoT* dapat memiliki kemampuan untuk mengubah objek dunia nyata menjadi objek virtual cerdas yang terhubung menjadi satu

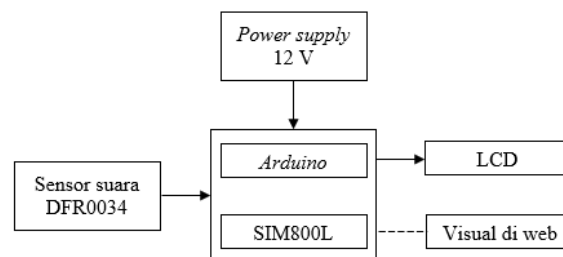
ke segala dunia. Selain itu, *IoT* dapat memberikan informasi tentang keadaan sekitar dan dapat dikendalikan sesuai keinginan pengguna (Madakam et al, 2015). *Thingspeak* yaitu salah satu website yang bersifat *open source* yang digunakan untuk membuat proyek dengan sistem *IoT*. *User* dapat melakukan *monitoring*, *controlling*, menerima, dan menampilkan data untuk dikirim ke *interface* atau *device* yang lain. Fitur pada *thingspeak* yang dapat digunakan yaitu *open API*, *data visualization*, *device status messages*, *geolocation data*, *plugins*, *real time data collection*, dan *data processing*.

METODE PENELITIAN

1. Konsep Rancangan

Konsep rancangan sistem secara garis besar dilakukan bertujuan memberikan gambaran model rancang bangun yang akan dibuat. Rancangan ini mengidentifikasi komponen-komponen pengukuran kebisingan yang akan dibuat dan dirancang secara detail. Komponen-komponen yang digunakan dalam rancang bangun ini adalah *arduino uno*, sensor suara *DFR0034*, *electrolytic capacitor*, modul *LM2596*, modul *SIM800L GSM/GPRS*, modul *LCD*, dan aki.

Dalam tahapan pembuatan rancang bangun ini perlu dilakukan pengidentifikasian untuk menentukan *input*, proses, dan *output* agar sistem dapat berjalan dengan baik. Blok diagram ini menjelaskan konsep secara sederhana tahapan rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian dirancang.



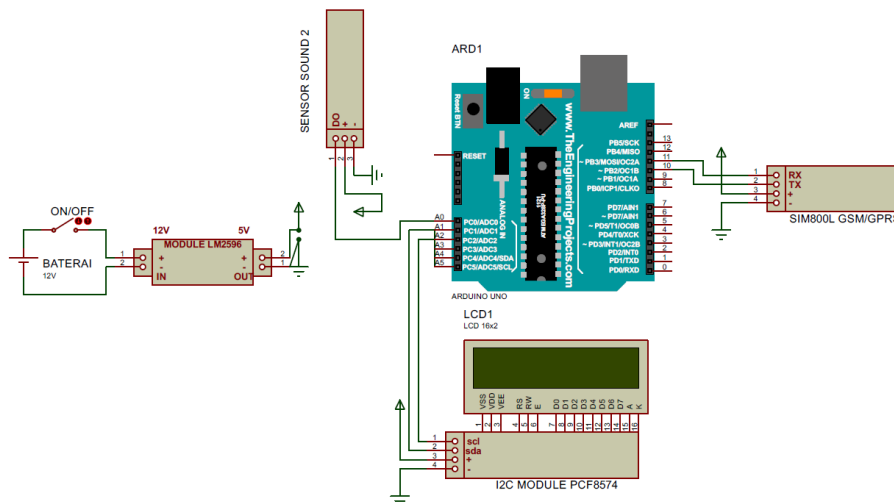
Gambar 4. Blok diagram

Sumber: Dokumen peneliti, 2022

Data *input* mikrokontroler yaitu berupa suara bising yang terdeteksi oleh sensor suara. Setelah sensor suara mendeteksi adanya suara bising akan diolah menjadi besaran listrik. Besaran listrik tersebut berupa besaran kebisingan atau desibel yang menjadi *output* dari rancang bangun pengukur kebisingan pada sarana perkeretaapian. Selanjutnya data yang telah diolah menjadi besaran kebisingan ditampilkan melalui *LCD* 16x2. Selain ditampilkan pada *LCD*, data kebisingan yang diperoleh ditampilkan juga pada sistem otomatis di web. Data tersebut dikirim menggunakan perantara modul *SIM800L* yaitu dengan jaringan *GPRS* sehingga dapat terkoneksi dengan *thingspeak* sebagai *web server* untuk menampilkan data yang telah dihasilkan.

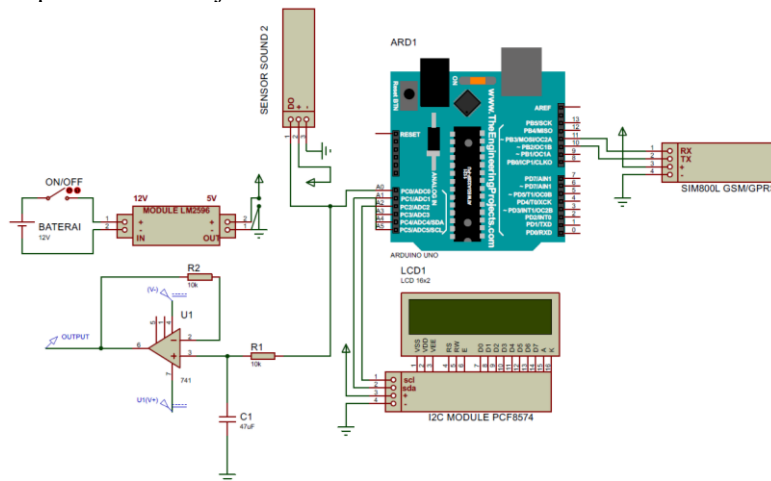
2. Perakitan Komponen

Perakitan rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian ini tentunya menggunakan komponen utama yaitu sensor suara *DFR0034*. Kemudian *arduino uno*, modul *SIM800L*, *LCD* 16x2, modul *LM2596*, dan aki sebagai sumber tegangan. Semua komponen *hardware* sistem dihubungkan dengan diagram blok yang telah dibuat. Dengan menggunakan *software arduino IDE* untuk memasukkan program yang telah dibuat dan memastikan masing-masing komponen yang digunakan telah di tes pemrograman untuk mencegah terjadinya *error*.



Gambar 5. Rangkaian skematik tanpa *electrolytic capacitor*
Sumber : Dokumen peneliti, 2022

Rangkaian kedua dibuat dengan penambahan komponen. Komponen yang ditambahkan berupa *electrolytic capacitor* dengan tegangan 47 μF /16 Volt. Penambahan komponen tersebut guna mengetahui perbedaan *output* yang dihasilkan dengan rangkaian sebelumnya. Kemudian semua komponen yang telah terhubung dengan benar dapat dilanjutkan ke tahapan selanjutnya yaitu pengujian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai rencana atau tidak.



Gambar 6. Rangkaian skematik dengan *electrolytic capacitor*
Sumber : Dokumen peneliti, 2022

3. Prinsip Kerja

Rancang bangun yang dibuat peneliti membutuhkan aki sebagai sumber tegangan. Selanjutnya aki tersebut disambungkan dengan menggunakan capcit buaya. Pengukuran dapat menggunakan aki dengan kapasitas daya tegangan 12 volt 5 AH. Setelah aktif, maka rangkaian akan mendeteksi adanya suara kebisingan pada sarana kereta. Kemudian suara bising yang terdeteksi akan diolah dari besaran suara menjadi besaran listrik yang selanjutnya hasil dari pengolahan tersebut akan ditampilkan hasil intensitas kebisingan dalam layar modul LCD 16x2. Selain pada layar LCD, hasil dari intensitas kebisingan tersebut ditampilkan pada web server *thingspeak*.

4. Perancangan Desain

Perancangan desain rancang bangun sistem pemantau sebagai penelitian ini menggunakan akrilik sebagai media untuk membuat miniatur. Akrilik termasuk bahan yang cukup kuat, ringan, dan cukup mudah untuk memotong atau membentuk sesuai dengan keinginan. Selain itu, harga dari akrilik juga relatif terjangkau.



Gambar 7. (a) Desain kerangka dan (b) proses perakitan alat
Sumber: Dokumen peneliti, 2022

5. Metode Pengujian

Pada penelitian ini, penulis melakukan pengujian dan pengukuran secara langsung terhadap komponen. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui komponen yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan suara bising. Setelah rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian sudah selesai dibuat, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan *sound level meter* yang merupakan alat ukur standar pabrik. Kemudian alat rancangan buatan peneliti dan *sound level meter* standar pabrik diuji untuk dibandingkan dan diambil data kalibrasinya secara bersamaan. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara memberikan suatu suara agar menghasilkan pembacaan sensor terhadap kebisingan. Kemudian dilakukan uji fungsional terhadap *software* yang digunakan untuk mengakses web server yaitu *thingspeak* terkait kemampuan sistem untuk menerima data dari sensor, menampilkan data hasil dari sensor, dan memberikan informasi secara *realtime*.

6. Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan oleh penulis yaitu dengan metode eksperimen dengan membuat sebuah perancangan dan melakukan pengujian terhadap perancangan tersebut. Analisis data dalam penelitian ini dengan menganalisis hasil pengujian atau implementasi pada simulasi sistem rancang bangun yang telah peneliti buat. Apabila perancangan dilakukan percobaan kemudian dapat bekerja dan berjalan sesuai maksud serta fungsinya maka alat tersebut dikatakan berhasil. Namun apabila dilakukan percobaan kemudian tidak dapat bekerja dan berjalan sesuai dengan maksud serta fungsinya maka alat tersebut dikatakan tidak berhasil atau gagal. Maka dari itu diperlukan pengujian terhadap alat tersebut. Hasil pengujian digunakan untuk menganalisis penentuan keberhasilan pembuatan alat tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Validasi

Sebelum pengambilan data oleh peneliti pada sarana perkeretaapian, tahap pertama yang dilakukan yaitu melakukan uji validasi dengan cara mengkalibrasi atau membandingkan hasil pembacaan sensor suara rancangan peneliti dengan *sound level meter* terhadap suara bising yang terdeteksi. Tujuan dari kalibrasi yaitu untuk mengetahui nilai *error* atau nilai kesalahan relatif sehingga dapat diketahui tingkat akurasi dari rancang bangun yang telah dibuat peneliti. Uji kalibrasi dilakukan dengan memberikan jenis suara dan intensitas yang berbeda-beda.

$$Error = \frac{\text{hasil pembacaan sensor} - \text{hasil sound level meter}}{\text{hasil sound level meter}} \times 100\%$$

Tabel 3. Hasil uji validasi

No	Hasil Sound Level Meter	Hasil Pembacaan Sensor	Error (%)
1	49,8	51	2,41
2	54,6	56	2,56
3	60,4	61,7	2,15
4	69,3	71	2,45
5	74,3	76,52	2,99
6	78,6	81,72	3,97
7	80,6	84,96	5,41
8	83,4	87,76	5,23

No	Hasil Sound Level Meter	Hasil Pembacaan Sensor	Error (%)
9	89,9	95,2	5,90
10	96,2	102	6,03
Rata-rata error			3,91

Sumber: Dokumen peneliti, 2022

Berdasarkan perhitungan pada tabel 3, hasil pengujian terhadap sensor suara pada rancang bangun. Hasil dari data tersebut menunjukkan nilai kesalahan dari rancang bangun yang telah dikalibrasi dengan *sound level meter*. Dari pengujian kalibrasi tersebut diperoleh nilai rata-rata kesalahan terhadap rancang bangun sebesar 3,91%.

2. Pengujian Rancang Bangun dengan Rangkaian Berbeda

Pengujian pertama dilakukan dengan rangkaian tanpa penambahan filter *electrolytic capacitor*. Pengujian kedua dilakukan dengan rangkaian yang menggunakan filter *electrolytic capacitor*. Kedua tahapan pengujian tersebut dilakukan dengan membandingkan langsung dengan *sound level meter*.

Tabel 4. Hasil pengujian rancang bangun tanpa *electrolytic capacitor*

No	Hasil Sound Level Meter	Hasil Pembacaan Sensor	Error (%)
1	59	69,34	17,53
2	59,4	69,58	17,14
3	61,3	71,29	16,30
4	64,8	74,71	15,29
5	70,1	82,28	17,38
Rata-rata error			16,73

Sumber: Dokumen peneliti, 2022

Tabel 5. Hasil pengujian rancang bangun menggunakan *electrolytic capacitor*

No	Hasil Sound Level Meter	Hasil Pembacaan Sensor	Error (%)
1	54,5	58,2	6,79
2	60,0	64,34	7,23
3	64,8	69,20	6,79
4	66,8	72	7,78
5	79	83	5,06
Rata-rata error			6,73

Sumber: Dokumen peneliti, 2022



Gambar 8. Hasil *sound level meter* menggunakan *electrolytic capacitor*
 Sumber: Dokumen peneliti, 2022

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4 dan 5, terdapat perbedaan rata-rata nilai *error* dari rangkaian tanpa *electrolytic capacitor* dengan rangkaian yang menggunakan *electrolytic capacitor*. Rata-rata *error* yang diperoleh oleh rangkaian tanpa *electrolytic capacitor* sebesar 16,73%, sedangkan rata-rata *error* yang diperoleh oleh rangkaian dengan penambahan *electrolytic capacitor* sebesar 6,73%. Perbandingan hasil rata-rata tersebut memiliki perbedaan yang cukup besar.

3. Pengujian dengan Light Rail Transit

Pengujian rancang bangun dilakukan disalah satu titik jalur LRT Sumatera Selatan yang sedang beroperasi yaitu di antara Stasiun Polresta dengan Stasiun Jakabaring. Pengujian rancang bangun dilakukan di luar sarana dan penempatan rancang bangun di bawah *walkway* di titik antara Stasiun Polresta dengan

Stasiun Jakabaring yang memiliki kecepatan maksimal pengoperasian yaitu 75 km/jam. Waktu penelitian yang dilakukan selama satu hari ketika LRT Sumatera Selatan sedang beroperasi.



Gambar 9. Proses pengujian rancang bangun di salah satu titik jalur LRT Sumatera Selatan
Sumber: Dokumen peneliti, 2022

Tabel 6. Hasil pengujian dengan LRT

No	Waktu (WIB)	Hasil pengujian (dB)
1	2022-06-29 06:04:39	84
2	2022-06-29 06:21:45	89
3	2022-06-29 06:38:51	94
4	2022-06-29 06:58:22	89
5	2022-06-29 07:15:28	99
6	2022-06-29 07:34:00	85
7	2022-06-29 07:51:05	95
8	2022-06-29 08:08:11	91
9	2022-06-29 08:27:43	85
10	2022-06-29 08:44:48	88
11	2022-06-29 09:02:46	88
12	2022-06-29 09:19:51	94
13	2022-06-29 09:38:23	97
14	2022-06-29 09:57:55	92
15	2022-06-29 10:14:45	85
16	2022-06-29 10:34:17	93
17	2022-06-29 10:51:22	91
18	2022-06-29 11:08:28	84
19	2022-06-29 11:25:33	86
20	2022-06-29 11:45:05	93
21	2022-06-29 12:02:10	99
22	2022-06-29 12:19:16	87
23	2022-06-29 12:36:21	90
24	2022-06-29 12:55:53	89
25	2022-06-29 13:12:59	93
26	2022-06-29 13:32:30	99
27	2022-06-29 13:49:36	81
28	2022-06-29 14:06:41	88
29	2022-06-29 14:23:47	89
30	2022-06-29 14:43:19	91
31	2022-06-29 15:00:24	83
32	2022-06-29 15:17:30	93
33	2022-06-29 15:34:35	97
34	2022-06-29 15:53:07	94
35	2022-06-29 16:12:13	95
36	2022-06-29 16:29:18	94
37	2022-06-29 16:46:24	99

No	Waktu (WIB)	Hasil pengujian (dB)
38	2022-06-29 17:03:29	92
39	2022-06-29 17:22:34	93
40	2022-06-29 17:39:40	87
41	2022-06-29 17:58:11	93
42	2022-06-29 18:15:43	84
43	2022-06-29 18:32:49	97
44	2022-06-29 18:51:21	90
45	2022-06-29 19:08:36	86
46	2022-06-29 19:27:54	87
47	2022-06-29 19:45:20	92
48	2022-06-29 20:03:51	97
49	2022-06-29 20:18:31	91

Sumber: Dokumen peneliti, 2022

Berdasarkan pengujian menggunakan LRT pada tabel 6, didapatkan hasil 49 data kebisingan. Dari 49 data kebisingan, terdapat 8 data yang menunjukkan melebihi nilai ambang batas yang ditentukan yaitu pada data ke 5, 13, 21, 26, 33, 37, 43, dan 48. Dari data yang telah dihasilkan tersebut dilakukan pengecekan sarana, apakah terdapat kerusakan yang menyebabkan sensor suara mendeteksi suara bising yang melebihi nilai ambang batas. Setelah dilakukan pengecekan pada *train set* ditemukan kecacatan pada roda yang diasumsikan sebagai penyebab terdeteksinya suara bising yang berlebih. Dari hasil pengecekan terdapat beberapa penyebab yang dapat menjadikan sensor suara tersebut mendeteksi nilai kebisingan melebihi ambang batas yaitu pada *train set* 3 terdapat indikasi kecacatan roda (*skidded* tingkat 1) dan *train set* 6 terdapat indikasi kecacatan roda (*skidded* tingkat 2). Dari dua indikasi tersebut, sensor suara DFR0034 mendeteksi nilai kebisingan yang melebihi nilai ambang batas.

4. Pengujian dengan Kereta Inspeksi

Pengujian rancang bangun dilakukan di luar sarana kereta inspeksi di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun. Penempatan rancang bangun yaitu sekitar 100 cm sejajar dengan rel.

Tabel 7. Hasil pengujian dengan kereta inspeksi

No	Waktu (WIB)	Hasil pengujian (dB)
1	2022-07-14 15:44:32	262
2	2022-07-14 15:46:58	261
3	2022-07-14 15:49:25	261
4	2022-07-14 15:51:52	268
5	2022-07-14 15:54:18	261
6	2022-07-14 15:56:44	262

Berdasarkan pengujian menggunakan kereta inspeksi pada tabel 7, hasil dari pengambilan data menghasilkan nilai yang sangat tinggi dan melebihi jauh dari nilai ambang batas kebisingan. Hasil yang terbaca pada rancang bangun memiliki nilai selisih yang sangat jauh dengan *sound level meter*. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari nilai kebisingan tersebut yaitu penempatan rancang bangun yang terlalu dekat dengan rel yang menyebabkan sensor bergetar ketika kereta inspeksi melintas. Selain itu, suara mesin yang digunakan oleh kereta inspeksi juga dapat mempengaruhi suara kebisingan yang terbaca. Kereta inspeksi ini menggunakan mesin diesel yang berbahan bakar solar.

5. Pengujian dengan Lori

Pengujian rancang bangun dilakukan dengan menggunakan lori di Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun. Pengujian tersebut dilakukan pada waktu sore hari dengan kecepatan konstan. Penempatan rancang bangun berada di atas roda lori.



Gambar 10. Proses pengujian menggunakan lori
Sumber: Dokumen peneliti, 2022

Tabel 8. Hasil pengujian dengan lori

No	Waktu (WIB)	Hasil pengujian (dB)
1	2022-08-12 15:56:58	61
2	2022-08-12 15:57:03	65
3	2022-08-12 15:57:10	60
4	2022-08-12 15:57:15	60
5	2022-08-12 15:57:22	61
6	2022-07-14 15:57:27	63
7	2022-08-12 15:57:34	62
8	2022-08-12 15:57:39	60
9	2022-08-12 15:57:46	61
10	2022-08-12 15:57:53	64
11	2022-08-12 15:57:58	67
12	2022-08-12 15:58:04	68
13	2022-08-12 15:58:11	68
14	2022-08-12 15:58:16	69
15	2022-08-12 15:58:23	64
16	2022-08-12 15:58:28	61
17	2022-08-12 15:58:35	60
18	2022-08-12 15:58:42	80
19	2022-08-12 15:58:47	80
20	2022-08-12 15:58:54	81
21	2022-08-12 15:58:59	80
22	2022-08-12 15:59:06	82
23	2022-08-12 15:59:11	80
24	2022-08-12 15:59:18	80
25	2022-08-12 15:59:23	80
26	2022-08-12 15:59:30	84
27	2022-08-12 15:59:35	83
28	2022-08-12 15:59:42	84
29	2022-08-12 15:59:47	80
30	2022-08-12 15:59:54	81

Berdasarkan pengujian menggunakan lori pada tabel 8, diperoleh *output* data yang stabil ketika melintasi rel yang lurus. Nilai kebisingan yang dihasilkan antara 60-84 dB. Diperoleh nilai kebisingan tertinggi dengan 84 dB pada saat lori melintasi lengkung sehingga kebisingan meningkat sekitar 20 dB. Hal tersebut disebabkan interaksi antara roda dengan rel yang mengakibatkan munculnya dencitan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan perancangan, pembuatan rancang bangun, dan pengujian rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu berdasarkan uji validitas antara rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian menggunakan sensor suara DFR0034 dengan *sound level meter* memperoleh nilai rata-rata kesalahan sebesar 3,91%. Pengujian rancang bangun antara rangkaian tanpa *electrolytic capacitor* dengan rangkaian menggunakan

electrolytic capacitor memperoleh perbedaan nilai rata-rata kesalahan yang cukup besar. Nilai rata-rata kesalahan yang diperoleh rancang bangun dengan rangkaian tanpa *electrolytic capacitor* sebesar 16,73%. Sedangkan nilai rata-rata *error* yang diperoleh rancang bangun dengan rangkaian yang menggunakan *electrolytic capacitor* sebesar 6,73%.

Pengujian rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian yang dilakukan pada sarana LRT, kereta inspeksi, dan lori memperoleh rentang nilai yang berbeda. Pengujian di LRT dengan tingkat kebisingan menengah (*middle sound frequency*) memperoleh hasil rentang nilai yang sama yaitu 1-10 dB antara rancang bangun dengan *sound level meter*. Pengujian menggunakan kereta inspeksi dengan tingkat kebisingan yang tinggi (*high sound frequency*) memperoleh hasil rentang nilai yang sangat tinggi yaitu 180 dB antara rancang bangun dengan *sound level meter*. Sedangkan pengujian menggunakan lori dengan tingkat kebisingan rendah (*low sound frequency*) diperoleh hasil dengan rentang nilai 1-10 dB antara rancang bangun dengan *sound level meter*.

Penelitian yang dilakukan penulis tentunya terdapat banyak kekurangan dan kelemahan, maka penelitian lebih lanjut mengenai rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian masih diperlukan. Terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan yaitu mengganti sensor DFR0034 dengan sensor SKU:SEN0232. SEN0232 merupakan sensor suara yang memiliki spesifikasi yang lebih memadai untuk dikalibrasi dengan *sound level meter*. Rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian lebih baik menggunakan rangkaian *electrolytic capacitor* untuk hasil yang lebih halus dan stabil serta dapat menurunkan nilai kesalahan pembacaan sensor. Rancang bangun pengukur tingkat kebisingan pada sarana perkeretaapian cocok digunakan pada sarana yang memiliki tingkat kebisingan rendah (*low sound frequency*) dan tingkat kebisingan menengah (*middle sound frequency*). Pada tingkat kebisingan yang tinggi (*high sound frequency*) tidak direkomendasikan karena pengaruh dari beberapa faktor serta tidak terdapat *average* dalam data proses yang dihasilkan yang menyebabkan nilai *output* sangat tinggi.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, F. & Margiantono, A. (2021). Analisis Kebisingan Lingkungan pada Lintasan Kereta Api Double Track “Stasiun Alastuo - Jamus”. *Dinamika Sosial Budaya*, 23(1), 43-55. <https://journals.usm.ac.id/index.php/jdsb/article/view/3490>.
- Ardianty, F. W., Fathimah, A., & Asnifatima, A. (2021). Hubungan Antara Paparan Kebisingan Dengan Gangguan Non-Auditory pada Petugas Keamanan Dalam (PKD) PT Kereta Api Indonesia (KAI) di Stasiun Bogor Tahun 2020. *PROMOTOR Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*, 4(2), 114-121. <https://doi.org/10.32832/pro.v4i2.5578>.
- Arifianto, T., Setyawan, D. B., & Sunaryo. (2021). Penggunaan RFID (Radio Frequency Identification) CT-1809 Untuk Prototype Pendeteksi Sarana Berbasis Arduino Uno. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 3(2), 71-80. <https://doi.org/10.20895/jtece.v3i2.328>.
- Arifin J., Zulita, L. N., & Hermawansyah. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 89-98. <https://doi.org/10.37676/jmi.v12i1.276>.
- Aryanti., Mekongga, I., & Ramadhan, H. (2016). Implementasi Sensor Suara Sebagai Pengendali Gerakan Robot Penari Humanoid dengan ATMEGA 8535. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu Dan Teknologi Komputer*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3429001>.
- Darnita, Y., Disrise, A., & Toyib, R. (2021). Prototype Alat Pendeksi Kebakaran Menggunakan Arduino. *Jurnal Informatika UPGRIS*, 7(1), 31-35. <https://doi.org/10.26877/jiu.v7i1.7094>.
- DFRobot. (2017). Analog Sound Sensor SKU: DFR0034. Online. Available at: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog_Sound_Sensor_SKU:_DFR0034, diakses tanggal 5 Oktober 2022.
- Fanny, N. (2015). Analisis Pengaruh Kebisingan Terhadap Tingkat Konsentrasi Kerja pada Tenaga Kerja di Bagian Proses PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta. *INFOKES*, 5(1), 52-61. <https://ojs.udb.ac.id/index.php/infokes/article/view/85/>.
- Ferial, L., Suswanto, E., & Silalahi, M. D. S. (2016). Analisis Tingkat Kebisingan di Terminal Pakupatan (Kabupaten Serang, Provinsi Banten). *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(1), 81-96. <https://www.e-journal.trisakti.ac.id/index.php/urbanenvirotech/article/view/722>.
- Hamzah, H., Agriawan, M. N., & Abubakar, M. Z. (2020). Analisis Tingkat Kebisingan Menggunakan Sound Level Meter Berbasis Arduino Uno di Kabupaten Majene. *J-HEST: Journal of Health, Education, Economics, Science, and Technology*, 3(1), 25-31. <https://doi.org/10.36339/jhest.v3i1.45>.

- Herawati, P. (2016). Dampak Kebisingan dari Aktifitas Bandara Sultan Thaha Jambi Terhadap Pemukiman Sekitar Bandara. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi (JIUBJ)*, 16(1), 104-108. <http://ji.unbari.ac.id/index.php/ilmiah/article/view/89>.
- Hidayat, A. D., Sudibya, B., & Waluyo, C. B. (2019). Pendeteksi Tingkat Kebisingan berbasis Internet of Things Sebagai Media Kontrol Kenyamanan Ruang Perustakaan. *AVITEC*, 1(1), 99-109. <http://dx.doi.org/10.28989/avitec.v1i1.497>.
- KAI. (2022). KAI Siap Dukung Gerakan Nasional Kembali ke Angkutan Umum dengan Optimalkan LRT Sumatera Selatan. Online. https://www.kai.id/information/full_news/5259-kai-siap-dukung-gerakan-nasional-kembali-ke-angkutan-umum-dengan-optimalkan-lrt-sumatera-selatan, diakses tanggal 20 Oktober 2023.
- Kalengkongan, T. S., Mamahit, D. J., & Sompie, S. R. U. A. (2018). Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(2), 183-188. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/20169>.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. (1996). *Baku Tingkat Kebisingan*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 7. Jakarta. Diakses dari https://ditppu.menlhk.go.id/portal/uploads/laporan/1593658749_KEPMEN%20LH_48-1996.pdf.
- Lapono, L. A. S., & Pingak, R. K. (2018). Rancang Bangun Sound Level Meter Menggunakan Sensor Suara Berbasis Arduino Uno. *Jurnal ILMU DASAR*, 19(2), 111-116. <https://doi.org/10.19184/jid.v19i2.7268>.
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164-173. <http://dx.doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>.
- Mandarani, P., & Ariani, R. (2016). Perancangan Sistem Deteksi Asap Rokok Menggunakan Layanan Short Message Service (SMS) Alert Berbasis Arduino. *Jurnal TEKNOIF*, 4(2), 66-75. <https://teknioif.itp.ac.id/index.php/teknioif/article/view/367>.
- Peraturan Direksi PT. Kereta Api Indonesia (Persero). (2011). *Peraturan Dinas 19 Jilid II (PD 19 Jilid II)*. PT. Kereta Api Indonesia (Persero), 31. Jakarta.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja*. Kementerian Ketenagakerjaan, 257. Jakarta. Diakses dari <https://jdih.kemnaker.go.id/katalog-1546-Peraturan%20Menteri.html>.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2022). *Penyelenggaraan Kereta Api Kecepatan Tinggi*. Kementerian Perhubungan, 526. Jakarta. Diakses dari <https://jdih.dephub.go.id/peraturan/detail?data=BmOfhwbZLwcHAd0giNhLYt4ZJHGJb3Aiv8X6PhbAEC0n4uXFx7VB0QW8bMU6g4IHG78MQsF4FSTxa8n1fQasOGjs4UoZrOlqrqc4Txip3BDI7V0hGswO6VRGjHI5ZcsshYfk9bETIZYbN9p497kAa4b5cv>.
- Sarwono, E. (2002). *Green Company : Pedoman Pengelolaan Lingkungan, Keselamatan, & Kesehatan Kerja (LK3)*. Jakarta: Astra International.
- Suranto., Ardan, M., Wulandari, T. E., Rahman, S. A., & Hasibuan, S. (2022). Kajian Perencanaan Rute Pada Proyek Pembangunan LRT (Light Rail Transit) Medan. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 6(2). <https://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt/article/view/7526>.
- Surjono, B. (2012). Pengaruh Frekuensi Kebisingan Terhadap Tekanan Darah. Universitas Airlangga Surabaya. Retrieved from <https://repository.unair.ac.id/36765/>.
- Teodorović, D. & Janić, M. (2017). *Transportation, Environment, and Society. Transportation Engineering*. Elsevier.
- Thompson, D. (2009). *Railway Noise and Vibration Mechanism, Modeling, and Means of Control*. Great Britain: Elsevier.
- Thompson, D. J. & Jones, C. J. C. (2000). A Review of The Modelling of Wheel/Rail Noise Generation. *Journal of Sound and Vibration*, 231(3), 519-536. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1999.2542>.
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2007). *Perkeretaapian*. Presiden Republik Indonesia, 108. Diakses dari <https://peraturan.go.id/uu-no-23-tahun-2007>.
- Wibawanto, B. S., Arifianto, T., & Wibowo, B. A. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Perangkat Dashboard Kereta Inspeksi Politeknik Perkeretaapian Indonesia Berbasis Microsoft Visual Studio. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-23*, (Vol.23, pp.933-941). Institut Teknologi Sumatera (ITERA) Lampung. <https://ojs.fstpt.info/index.php/ProsFSTPT/article/view/671>.
- Wijaya, A., Rozaq, F., & Atmaja, D. S. (2021). Pembuatan Prototype Alat Pelumas Flens Roda Otomatis pada Kereta Api. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-24*, (Vol.24, pp.664-670). Universitas Indonesia - Universitas Pembangunan Jaya. <https://ojs.fstpt.info/index.php/ProsFSTPT/article/view/761>.

- Yusuf, M. (2013). Pengaruh Kebisingan Terhadap Waktu Penyelesaian Pekerjaan Operator. *IENACO (Industrial Engineering National Conference) 2013*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/3590>.
- Zepriyadi, I., Yacoub, R. R., Marpaung, J., Imansyah, F., & Saleh, M. (2022). Implementasi Sistem Monitoring Jarak Jauh Tingkat Kebisingan Suara Menggunakan Transceiver SX1278. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 10(1), <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/j3eit/article/view/52473>.