JREEC
JOURNAL RENEWABLE ENERGY ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Sistem Monitoring Kemacetan Lalu Lintas Di Kota Surabaya Berbasis Internet of Things (IoT)

HF Putranto[1], M Syamsul Huda[1], Ardylan Heri Kisyarangga[1] Roy Hamonangan Pardosi[1].
Jurusan Teknik Elektro – FTETI – Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1]

e-mail: hilman.f.putranto@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 03
Nomer 01, Juni 2023

Halaman:
35 – 42
Tanggal Terbit :
06 Juni 2023

DOI:
10.31284/j.JREEC.2023v31i.4517

ABSTRACT

The growth and development of the city of Surabaya are definitely closely related to population growth and an increase in the number of immigrants, which increases the number of motorized vehicles on the road. However, since the number of motorized vehicles has expanded faster than the capacity of the roads, traffic congestion has resulted. Congestion monitoring is designed to provide traffic density data to road users so that they can choose the best route to take at the appropriate time. This study describes a four-way junction with infrared sensors in each of the paths. As a vehicle detector, this infrared sensor is utilized. Tests on the prototype were conducted under a variety of typical traffic circumstances. This study makes use of an IoT prototype that is designed to be connected to the internet network so that users can view real-time traffic data from a distance. Firebase and an Android app are two of the informational tools utilized in this study. The study's findings suggest that the prototype can function effectively. The applied infrared sensor can operate at optimal efficiency at 1 cm - 4,5 cm and can precisely identify vehicles.

Keywords: *Traffic Congestion, Infrared, IoT, Firebase*

EMAIL

hilman.f.putranto@gmail.com
royhamonangan54@gmail.com
rangga.gonggex95@gmail.com
syamsulhuda

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by Department of Elecreical Engineering is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Pertumbuhan dan perkembangan kota Surabaya tentunya sangat erat kaitannya dengan pertumbuhan penduduk dan peningkatan jumlah pendatang yang meningkatkan jumlah kendaraan bermotor di jalan raya. Namun, karena peningkatan kapasitas jalan tidak secepat peningkatan jumlah kendaraan bermotor, maka terjadi kemacetan lalu lintas. Pemantauan kemacetan dirancang untuk memberikan data kepadatan lalu lintas kepada pengguna jalan sehingga mereka dapat memilih rute terbaik untuk diambil pada waktu yang tepat. Penelitian ini mendeskripsikan simpang empat arah dengan sensor infra merah di setiap jalurnya. Sebagai pendeteksi kendaraan, sensor infra merah ini digunakan. Pengujian pada prototipe dilakukan dalam berbagai keadaan lalu lintas yang khas. Penelitian ini memanfaatkan prototipe IoT yang dirancang untuk terhubung dengan jaringan internet sehingga pengguna dapat melihat data trafik secara realtime dari jarak jauh. Firebase dan aplikasi Android adalah dua alat informasi yang digunakan dalam penelitian ini. Temuan penelitian menunjukkan bahwa prototipe dapat berfungsi secara efektif. Sensor infra merah yang diterapkan dapat beroperasi dengan efisiensi optimal pada jarak 1 cm sampai 4,5 cm dan dapat mengidentifikasi kendaraan dengan tepat.

Kata kunci: Kemacetan Lalu Lintas, Inframerah, IoT, Firebase

PENDAHULUAN – font 11

Kemacetan adalah situasi atau keadaan tersendatnya atau bahkan terhentinya lalu lintas yang disebabkan oleh banyaknya jumlah kendaraan melebihi kapasitas jalan. Kemacetan arus lalu lintas merupakan refleksi ketidakseimbangan kepadatan ruas jalur dalam menampung kendaraan yang melintas pada ruas jalur tersebut. Kemacetan kerap terjadi pada persimpangan yang ada rambu lampu lalu lintas [1].

Faktor pengaturan lampu lalu lintas yang belum fleksibel juga menjadi salah satu penyebab kemacetan. Pengaturan lalu lintas di Indonesia masih bersifat kaku dan tidak disesuaikan dengan tinggi rendahnya arus kendaraan. Akibatnya sering terjadinya antrian panjang yang menjadi awal kemacetan yang menyebabkan ketidakseimbangan di salah satu ruas persimpangan.

Internet of things atau bisa disingkat menjadi IoT adalah sebuah perkembangan di dalam bidang keilmuan yang sangat menjanjikan dikarenakan mengoptimalkan sebuah kehidupan berdasarkan sebuah sensor yang cerdas dan juga sebuah peralatan pintar yang saling bekerja-sama menggunakan sebuah jaringan dari internet [2].

Prototipe penelitian ini dibuat menggunakan empat sensor inframerah yang terbagi dalam empat ruas jalan dengan setiap ruas berisikan dua sensor inframerah sebagai sensor pendeteksi kemacetan. Konsep yang dibuat pada prototipe ini adalah Internet of Things (IoT), dimana prototipe akan terhubung dengan jaringan internet sehingga pengguna jalan dapat mengetahui kondisi lalu lintas secara real time.

Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan mikrokontroller WEMOS D1 R32 dan platform ThinkSpeak serta Twitter. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan delay pada kecepatan jaringan dalam pengiriman tweet rata – rata adalah 18 detik. Nilai error pada delay pengiriman tweet yang didapatkan adalah 13% [3]. Selain monitoring lalu lintas, sistem monitoring jarak jauh juga sudah pernah digunakan dalam beberapa bidang antara lain kecepatan dan arah angin [4] serta trafo gardu distribusi [5].

Hasil dari penelitian ini yang menggunakan mikro kontroler ESP32 dan Firebase diharapkan dapat memberikan data kepadatan lalu lintas yang lebih baik kepada pengguna jalan, agar pengguna jalan dapat memilih rute terbaik yang akan dilalui pada waktu yang tepat.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Sebelumnya.

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan. Selain itu, untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dalam kajian pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu. Pertama adalah Penelitian Rosyady, Phisca Aditya (2022), Penelitian ini merupakan prototipe yang menggambarkan persimpangan empat arah yang memiliki sensor inframerah di setiap jalurnya dan memanfaatkan konsep prototipe *Internet of things* (IoT) secara *realtime* mengunakan media informasi Twitter.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa prototipe yang dibuat dapat bekerja dengan baik. Sensor inframerah yang digunakan dapat bekerja secara optimal dan dapat mendeteksi kendaraan secara tepat pada rentang sensitivitas 4,5 cm. Penundaan rata-rata dalam mengirim tweet notifikasi adalah 18 detik dan nilai error pada *delay* pengiriman tweet yang didapatkan adalah 13%. (Rosyady et al., 2022) Penelitian ini memiliki delay yang cukup signifikan karena adanya proses pelaporan data pada situs twitter.

Kedua adalah Penelitian yang dilakukan oleh BR, Nahdia Rupawanti (2019), Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu sistem kontrol yang dapat mengurangi kemacetan-kemacetan di persimpangan yang terdapat sistem traffic light. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dan eksperimental. Mikrokontroller yang digunakan pada penelitian ini adalah ATMega328 dan sensor yang digunakan adalah sensor infrared. Hasil pengujian sensor infrared diperoleh nilai rata-rata 16 detik dan nilai rata-rata sensor light dependert resistor 66 detik. Dimana hasil dari penelitian ini ialah model desain rancang bangun berguna dalam pemanfaatan kesetabilan waktu tunggu infrared 16 detik – 20 detik sedangkan *light dependert resistor* 66 detik – 70 detik pada sistem traffic light. (Br, 2019) Penelitian ini masih belum berbasis IOT karena keterbatasan mikrokontroller yang digunakan.

Ketiga adalah Penelitian yang dilakukan oleh Dewi Indriasari (2017) Tujuan dari penelitian ini adalah (1) menganalisis tingkat kemacetan lalu lintas di daerah kajian; (2) menganalisis faktor dominan yang mempengaruhi terjadinya kemacetan lalu lintas di daerah kajian. Penelitian ini menggunakan metode survei dan observasi. Data primer dari penelitian ini berupa data volume lalu lintas, penggunaan lahan, tingkat kemacetan lalu lintas dan faktor dominan kemacetan lalu lintas. Data penggunaan lahan diperoleh dari interpretasi dan digitasi citra Ikonos yang mengacu pada klasifikasi penggunaan lahan Sutanto. Data volume lalu lintas diperoleh dari survei. Data tingkat kemacetan lalu lintas diperoleh dari perhitungan tingkat pelayanan jalan dan survei, sedangkan faktor dominan kemacetan diperoleh dari observasi kemacetan lalu lintas. Maka dari itu, kelemahan dari penelitian ini masih belum menggunakan system otomatis dikarenakan masih menggunakan metode survei dan observasi. (Indriasari, 2017)

Keempat adalah Penelitian yang dilakukan oleh Tri Apriyono, Dionisius P. Rumlus (2021) Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang mengakibatkan tingkat kemacetan lalu lintas pada ruas jalan Budi Utomo dan jalan Hasannudin Kota Timika dan untuk mengetahui faktor yang dominan mengakibatkan kemacetan lalu lintas pada ruas jalan Budi Utomo dan jalan Hasannudin di Kota Timika. Maka dari itu, kelemahan dari penelitian ini masih belum menggunakan system otomatis dikarenakan masih menggunakan metode survei dan observasi. (Apriyono and Rumlus, 2021)

Kelima adalah Penelitian yang dilakukan oleh Abdullah,luthfi rijalul Fikri (2018) Tujuan penelitian ini dirancang menggunakan mikrokontroler Atmega16, sensor kepadatan kendaraan, sensor penghitung jumlah kendaraan, tampilan LCD, tersedianya monitoring website yang di peruntukkan agar keadaan lalu lintas di jalan raya dapat termonitoring dengan baik, dan apabila terjadi pelanggaran atau masalah yang ada pada lalu lintas jalan dapat segera diatasi, tanpa harus lama sehingga dapat menimbulkan kemacetan. (Abdullah

and Fikri, 2018). Penelitian ini ada kelemahannya yaitu kurang tepatnya data terhadap real time yang telah diberikan.

Keenam adalah Penelitian (Porwal et al., 2021) yang menyajikan sistem kontrol dan pemantauan lampu lalu lintas berbasis kepadatan. Sistem ini berusaha mengurangi kemungkinan kemacetan lalu lintas, yang disebabkan oleh lampu lalu lintas, sampai batas tertentu. Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah MCS-51 family-berbasis mikrokontroller AT89S52 dan sensor yang digunakan adalah sensor Inframerah (IR).

Mikrokontroler membuat keputusan berdasarkan kepadatan jumlah kendaraan dan memperbarui waktu penundaan lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas ditempatkan pada jarak tertentu dari sistem IR. Jadi berdasarkan jumlah kendaraan, mikrokontroler mendefinisikan rentang yang berbeda untuk penundaan lampu lalu lintas dan memperbaruinya. Hasil dari penelitian ini kepadatan lalu lintas masih hanya dapat dimonitor oleh pihak berwenang saja sehingga pengguna jalan umum masih belum dapat mengetahui kepadatan lalu lintas di persimpangan jalan yang akan dilewatinya.

Ketujuh adalah Penelitian yang dilakukan oleh Penelitian (Ramadhan et al., 2021) menggunakan mikrikontroler Arduino MEGA untuk membuat prototipe *smart traffic light controller* (STLC). Sensor yang digunakan adalah tiga sensor ultrasonic dan camera esp 32. Hasil dari penelitian ini menyarankan untuk mencapai sinkronisasi persimpangan tiga baris dan menerapkan keseimbangan antara jumlah kendaraan di setiap sisi dan lampu hijau. Ketika pelanggaran lalu lintas terjadi, kamera akan menangkap nomor mobil dan mengirimkannya ke database dengan menggunakan telegram. Penelitian ini terdapat inkonsisten pada abstrak.

Kedelapan adalah Penelitian yang dilakukan oleh Penelitian Pratiwi (2019) dengan tujuan untuk menganalisis penyebab kemacetan di jalan Kapasan dan Kenjeran, Kota Surabaya. Penelitian ini berjenis penelitian survei. Rancangan penelitian ini adalah cross sectional. Penentuan sampel menggunakan teknik accidental sampling. Sumber data berupa data primer dan data sekunder. Analisis data menggunakan analisis deskriptif. Teknik pengumpulan data observasi di lapangan dengan survei total counting menggunakan alat hand counter dan survei kebisingan menggunakan Decibel10th berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-48 / MENLH / 11/1996.

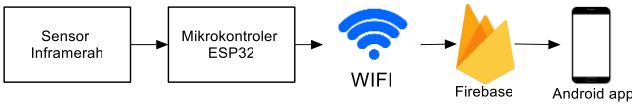
Hasil dari penelitian menunjukan bahwa di Jalan Kenjeran memiliki kapasitas jalan normal 2359,8 smp/jam tetapi pada hari senin dan rabu yang merupakan hari kerja dan hari masuk sekolah satuan mobil penumpang (SMP) jalan Kenjeran tertinggi mencapai 4495.39 smp/jam. Jalan Kapasan memiliki kapasitas normal 2010,2 smp jam. Penyebab kemacetan di Ruas Jalan Kapasan dan Jalan Kenjeran adalah 1)Pengguna jalan yang menggunakan bahu jalan untuk parkir, 2)Bongkar muat yang dilakukan pedagang disekitar

Ruas Jalan Kapasan-Kenjeran,3)Bertambahnya kendaraan pribadi setiap tahunnya membuat volume kendaraan tidak sesuai dengan kapasitas jalan.

Penelitian ini hanya mengumpulkan data dari salah satu ruas jalan di Kota Surabaya yang terdampak oleh kemacetan jalan. Menurut penulis salah satu saran untuk mengurai kemacetan adalah dengan menertibkan pedagang yang berada di pinggir jalan.

METODE

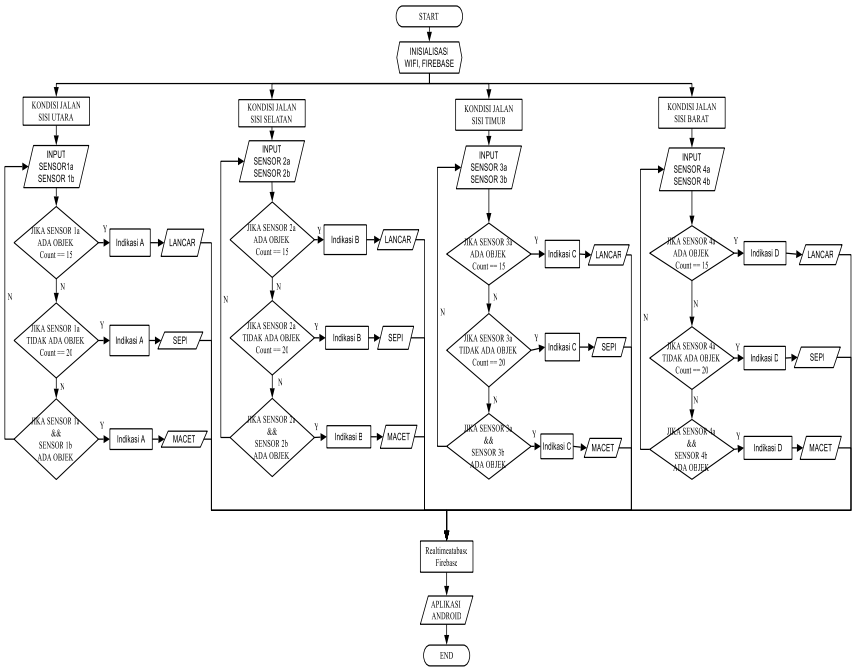
Penelitian ini dimulai dari studi literatur, kemudian perancangan sistem, analisa kebutuhan, implementasi dan pengujian. Pada Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem keseluruhan. Dari blok diagram sistem tersebut maka dapat diuraikan penjelasan bagian-bagian dari sistem dan cara kerjanya.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem keseluruhan

Pada sistem yang dibangun, Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pemroses utama, sedangkan sensor inframerah digunakan untuk mendeteksi halangan atau kendaraan pada prototipe. Pendeteksi halangan dengan sensor inframerah memanfaatkan prinsip pemantulan sinar inframerah. Transmiter pada modul inframerah akan memancarkan sinar inframerah dan kemudian diterima oleh receiver untuk mendapatkan letak objek dengan frekuensi yang sudah ditentukan pada IC LM393 dalam rangkaian modul sensor inframerah [6].

Data dari sensor akan dikirim ke internet dengan menggunakan platfrom Firebase, karena modul ESP32 sudah mendukung untuk terkoneksi dengan WiFi dan Bluetooth sehingga tidak memerlukan modul tambahan. Perancangan sistem deteksi kemacetan ini memanfaatkan platfrom Firebase untuk menyimpan data dan menampilkan informasi indikasi kemacetan kemudian akan ditampilkan kepada user pada android app.



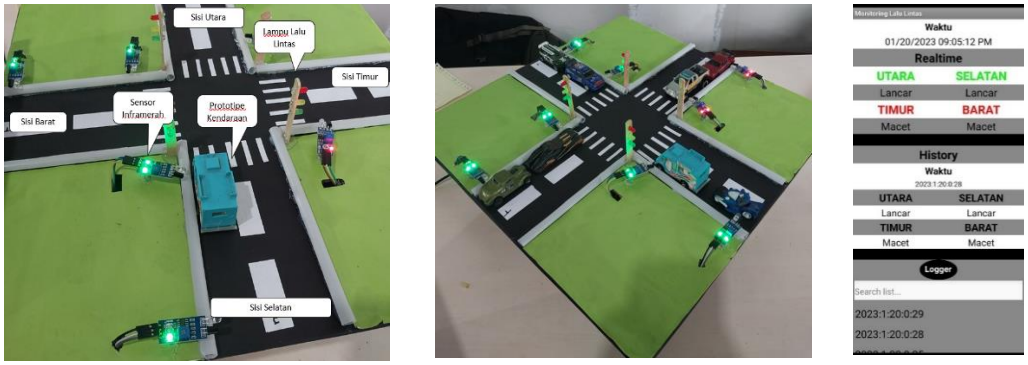
Gambar 2. Flowchart Software Sistem Monitoring Kemacetan Lalu Lintas

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 2 terdapat proses awal yakni proses kondisi jalan pada setiap ruas jalan. Masing-masing proses dari setiap kondisi jalan diberikan masukan sensor inframerah berfungsi untuk mendeteksi kendaraan. Sensor inframerah bertanggung jawab untuk mengambil data. Data yang diambil hasilnya adalah berupa bilangan 0 (Low) dan 1 (High) karena pada dasarnya sensor inframerah merupakan sensor dalam kategori digital, dengan kondisi 1 tidak mendeteksi kendaraan dan apabila kondisi 0 maka akan mendeteksi kendaraan [7].

Setelah kendaraan terdeteksi maka dibuat kategori kondisi lalu lintas yakni Sepi, Normal dan Macet [8]. Untuk kondisi Sepi, sensor inframerah tidak mendeteksi kendaraan setelah Tiga detik. Kondisi Normal adalah kondisi ketika sensor inframerah mendeteksi adanya kendaraan setelah Enam detik. Terakhir untuk kondisi Macet adalah kondisi sensor inframerah mendeteksi adanya kendaraan setelah Sembilan detik. Apabila kondisi dari setiap jalan telah terpenuhi maka akan diproses dan diberikan label indikasi yakni 1 untuk kondisi Sepi, 2 untuk kondisi Normal dan 3 untuk kondisi Macet [9]. Setelah masing-masing jalan telah mendapatkan label indikasi maka akan dikirimkan pada server Firebase menggunakan jaringan WiFi yang tersedia dan ditampung pada RealtimeDatabase Firebase. Data yang telah ditampung pada RealtimeDatabase Firebase akan diteruskan pada Android app di smartphone pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

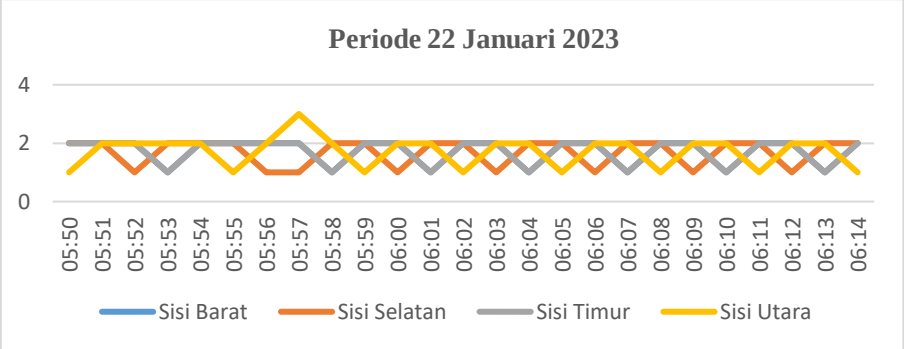
Perancangan prototipe monitoring kemacetan lalu lintas pada penelitian ini terlihat pada Gambar 3 (a) terdapat dua sensor di setiap sisi jalan. Jika kedua lampu pada sensor infra merah menyala artinya sensor mendeteksi ada objek di depan. Kondisi jalan yang ditunjukkan Gambar 3 (a) pada sisi selatan terindikasi sebagai lancar sedangkan pada tiga sisi lainnya terindikasikan sebagai sepi, karena tidak sensor yang mendeteksi adanya benda. Sedangkan Gambar 3 (b) adalah kondisi yang menunjukkan indikasi macet di keempat sisi jalan. Kondisi jalan macet ini mengindikasinya semua sensor dapat berfungsi dengan baik mendeteksi adanya benda.



(a) (b) (c)

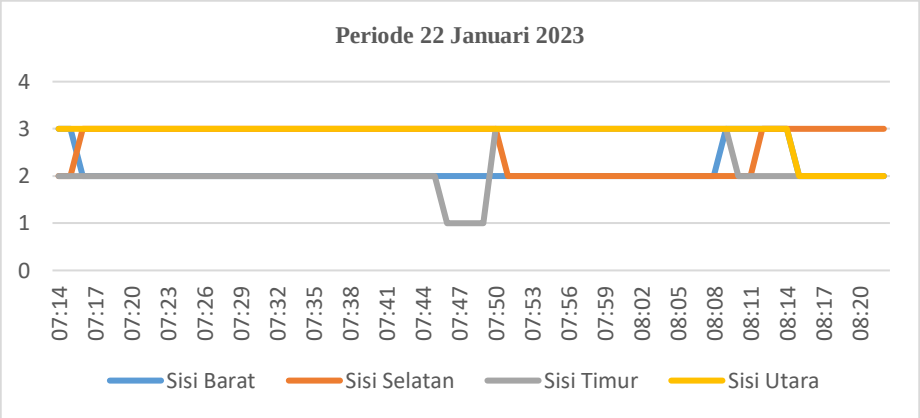
Gambar 3. a) Tampak atas Prototipe monitoring kemacetan lalu lintas, b) Kondisi jalan macet, c) Tampilan Aplikasi Android Monitoring Kemacetan Lalu lintas

Tampilan aplikasi android (lihat Gambar 3**Error! Reference source not found.**(c)), untuk memonitor tingkat kemacetan di keempat sisi jalan, baik secara realtime maupun history data logger. Sisi atas merupakan penyajian informasi secara realtime sedangkan sisi di bawah history merupakan catatan informasi dari data logger yang dapat dipilih oleh pengguna. Aplikasi ini menggunakan koding berbasis block untuk Aplikasi Android yang dibangun menggunakan MIT App Inventor [10].



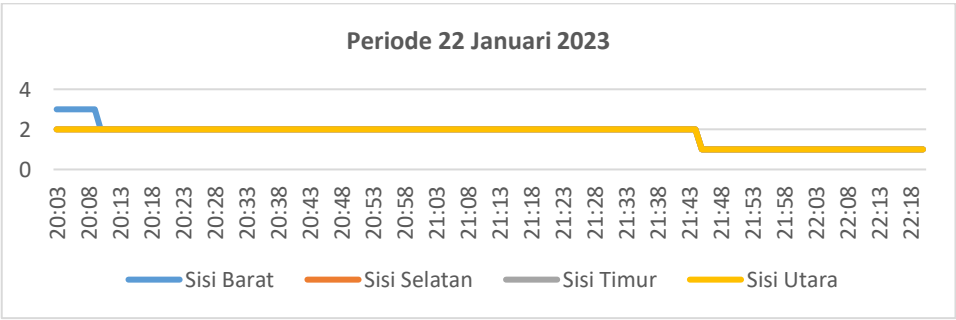
Gambar 4. Grafik Fluktuasi Lalu Lintas Jam 05:50 – 06:14 WIB

Gambar 4 merupakan grafik fluktuasi lalu lintas yang diperoleh dari pengujian pengambilan data sampling. Sumbu Y merupakan indikator kemacetan, untuk angka 1 mengindikasikan jalan sepi, untuk angka 2 mengindikasikan jalan lancar, dan angka 3 mengindikasikan jalan maceet. Sumbu X menunjukkan waktu pengambilan sampling. Pada grafik terlihat terjadi kemacetan di jam 05:55 sampai 05:59, namun setelah jam itu keempat sisi jalan menunjukkan kondisi jalan yang cenderung sepi dan lancar.



Gambar 5. Grafik Fluktuasi Lalu Lintas Jam 07:14 – 08:20 WIB

Sedangkan pada Gambar 5 yang menunjukkan grafik fluktuasi lalu lintas pada jam 07:14 – 08:20 WIB, cenderung menunjukkan kondisi jalan di keempat ruas jalan mengalami kemacetan yang cukup parah. Namun, pada jam 07:44 sampai 07:50 WIB jalan sisi timur menunjukkan kondisi jalan yang sepi Ketika ketiga ruas jalan lainnya cenderung ramai lancer. pada jalan sisi utara cenderung selalu macet sehingga diharapakan pengguna jalan untuk tidak memilih jalan ini untuk rute yang akan ditempuh dan kemacetan itu baru terurai setelah jam 8:17 WIB. Hal ini merupakan Indikasi bahwa jalan tersebut dekat dengan sekolah, karena kerap terjadi kemacetan di pagi hari.



Gambar 6. Grafik Fluktuiasi Lalu Lintas Jam 20:03 – 22:18 WIB

Semua sisi jalan tampak lancar dimulai pada jam 20:08 WIB dan mulai sepi setelah jam 21:43 WIB hal ini terlihat pada Gambar 6. Meskipun di dua gambar grafik sebelumnya sisi utara

yang selalu tampak macet, namun pada jam 20:03 sisi utara terlebih dahulu lancar dibanding sisi barat. Hal ini dapat diindikasikan bahwa terdapat arus balik yang cukup padat, sehingga sisi barat terjadi kemacetan hanya di malam hari.

Pengujian kemampuan sensor inframerah yang digunakan pada prototipe di penelitian dalam mendeteksi benda terjauh adalah 4,5 cm sedangkan pada 4,8 cm, sensor sudah tidak dapat mendeteksi benda di depannya. Jarak yang optimal yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 cm.

KESIMPULAN

Prototipe sistem monitoring kemacetan berbasis IoT, mampu mengetahui kondisi di keempat sisi jalan menggunakan ESP32 yang diintegrasikan dengan dua sensor infra merah di setiap sisi jalan dengan jarak optimal yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 cm dan jarak terjauh yang dapat dideteksi adalah 4,5 cm. Prototipe ini juga mampu menyimpan history data log selama pengambilan sampling. Sehingga data log ini dapat dijadikan acuan pengguna dalam menentukan jalan yang akan ditempuh, disamping data realtime pada saat mengambil keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Fatimah, "Kebijakan Pemerintah dalam Mengatasi Kemacetan di Kota Yogyakarta (Studi Penelitian di Jalan Malioboro di JalanTentara Pelajar)," *POPULIKA*, vol. 10, no. 1, pp. 24–41, Jan. 2022, doi: 10.37631/populika.v10i1.473.
[2] S. L. Keoh, S. S. Kumar, and H. Tschofenig, "Securing the Internet of Things: A Standardization Perspective," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 3, pp. 265–275, Jun. 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2323395.
[3] P. A. Rosyady, M. R. Feter, and Z. A. Ikhsan M, "Prototipe Sistem Deteksi Kemacetan Jalan Raya Berbasis Internet Of Things (IoT)," *AVITEC*, vol. 4, no. 2, p. 197, Aug. 2022, doi: 10.28989/avitec.v4i2.1270.
[4] D. S. Riyadi and A. Ramadhan, "Sistem Pemantauan Jarak Jauh Yang Mengintegrasikan Anemometer, Higrometer, Dan Termometer," 2022.
[5] R. A. Firmansyah, T. Suheta, and D. Antoni, "PERANCANGAN ALAT MONITORING DAN PENYIMPAN DATA PADA PANEL HUBUNG TEGANGAN RENDAH DI TRAFO GARDU DISTRIBUSI BERBASIS MIKROKONTROLER," 2015.
[6] S. Siswaya, S. Sunardi, and A. Yudhana, "Analisis Sistem Traffic Light Untuk Optimalisasi dan Antisipasi Kemacetan Lalu Lintas Berbasis Android," *Respati*, vol. 16, no. 3, p. 86, Nov. 2021, doi: 10.35842/jtir.v16i3.423.
[7] A. H. M. Alaidi, I. A. Aljazaery, H. TH. S. Alrikabi, I. N. Mahmood, and F. T. Abed, "Design and Implementation of a Smart Traffic Light Management System Controlled Wirelessly by Arduino," *Int. J. Interact. Mob. Technol. IJIM*, vol. 14, no. 07, p. 32, May 2020, doi: 10.3991/ijim.v14i07.12823.
[8] S. W. Mudjanarko, "PEMANFAATAN INTERNET OF THINGS (IOT) SEBAGAI SOLUSI MANEJEMEN TRANSPORTASI KENDARAAN SEPEDA MOTOR," Open Science Framework, preprint, Dec. 2017. doi: 10.31219/osf.io/6ue4b.
[9] V. Pravalika and C. R. Prasad, "Internet of Things Based Home Monitoring and Device Control Using Esp32," *Int. J. Recent Technol. Eng. IJRTE*, vol. 8, no. 1S4, 2019.
[10] "About Us." http://appinventor.mit.edu/about-us (accessed Jan. 26, 2023).