

ASPEK PERANCANGAN MONITORING ANTRIAN KENDARAAN PADA PERSIMPANGAN LAMPU MERAH

Aeromidi Simanungkalit*, Indra Yasri **

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: aeromidi53@gmail.com

ABSTRACT

The number of vehicles in the big cities has increased rapidly, this phenomena has triggered an over density situation in the traffic light. The purpose of this study is to develop a tool to measure the density of vehicles with sensors and RF 433Mhz as transmission media. To realize these tools, three ultrasonic sensors are used as a detector of the presence of a vehicle with a sensor with an object placed between 3 cm to 3 m and the distance between each sensor 50 m. The measurement values obtained from the measurement results shown through PLX-DAQ applications. In the design of this system is to perform testing of the tool, the measurement results can be analyzed to determine the density of vehicles that can be categorized by the level of density, loose, short, medium and long. This paper has proposed a monitoring of traffic density in the traffic light.

Keywords: RF Transceiver, PLX-DAQ, Ultrasonik Sensor, Traffic Density Information

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi transportasi yang semakin hari semakin pesat membutuhkan alat-alat transportasi sesuai dengan kondisi lalu lintas. Akibat dari banyaknya kendaraan yang berada pada suatu jalan menimbulkan kondisi kemacetan, terutama pada persimpangan jalan. Ketika kondisi macet pada persimpangan jalan terjadi, dibutuhkan penambahan personel pihak berwenang pengatur lalu lintas. Maka dari itu kebutuhan sarana penyampai informasi lalu lintas saat ini sangat dibutuhkan tidak hanya bagi pihak kepolisian namun juga banyak pihak dibutuhkan bagi pengendara sehingga pengendara dapat mengetahui kondisi jalan yang akan dilaluinya.

Selama ini kondisi lalu lintas dipantau langsung menggunakan kamera CCTV yang sudah terpasang di beberapa kawasan jalan raya termasuk persimpangan lampu merah. Persimpangan yang sudah terpasang kamera CCTV akan diawasi melalui layar monitor. Permasalahan yang timbul adalah seorang

dengan peningkatan lalu lintas mengakibatkan jarak antrian makin panjang. Sehingga hal ini tidak terdeteksi oleh kamera CCTV yang berada di persimpangan akan berakibat tidak sampainya informasi kondisi lapangan kepada pihak berwenang sehingga kemacetan semakin parah.

Untuk itu diperlukan sebuah sistem monitoring yang dapat memantau panjang antrian kendaraan yang masih dapat ditolerir dan potensi kemungkinan bertambah parahnya kemacetan di persimpangan lampu merah yang diakibatkan makin panjangnya antrian kendaraan.

2. KEBUTUHAN RANGKAIAN

Kebutuhan rangkaian sistem bertujuan untuk mendapatkan gambaran sistem yang akan dirancang dengan menentukan alat-alat yang dibutuhkan.

Untuk mendeteksi keberadaan kendaraan maka dibutuhkan suatu alat yang dapat membaca objek yang selanjutnya mengirimkan informasi objek berupa data yang dapat

disimpan sebagai bahan pertimbangan pengambilan keputusan. Untuk merealisasikan keinginan tersebut diperlukan sensor yang mampu mendeteksi keberadaan objek melalui media suara dan juga media pemroses yang dapat menerima instruksi data 8 bit per waktu yang dideteksi melalui sensor tersebut. Hasil keluaran dari media pemroses akan ditampilkan berupa media *display* dan hasil keluaran disimpan sebagai *database* yang dapat dibuka ketika diperlukan. Pada skenario pengukuran, sensor suara yang akan digunakan berupa sensor yang memiliki daya jangkauan pembacaan objek maksimal 5 meter dan dilakukan pada satu ruas jalan dari persimpangan sampai jarak 100 meter sebagai batas pertimbangan pengukuran.

Pada proses pendeteksian sensor, dibutuhkan suatu alat yang akan mengkomunikasikan keluaran masing-masing sensor agar dapat di olah oleh media pemroses menjadi data pembacaan lalu lintas. Dengan jarak masing-masing sensor adalah 50 meter, akan dibutuhkan 3 sensor suara sebagai pemantau lalu lintas. Maka komunikasi antar sistem tanpa menggunakan kabel akan lebih aman bagi instalasi subsistem maupun pengguna jalan. Untuk mewujudkan rancangan tersebut, maka digunakan RF tranceiver dengan memanfaatkan radio frekuensi sebagai media transmisi.

Berdasarkan kebutuhan rangkaian subsistem yang telah dirancang, akan dibutuhkan informasi keluaran yang akan diidentifikasi menjadi empat bagian kondisi yaitu longgar, pendek, sedang dan panjang yang akan ditampilkan pada media *display*.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan kebutuhan rangkaian yang telah dirancang, penelitian membutuhkan referensi-referensi yang sesuai dengan gambaran kebutuhan rangkaian sebagai solusi kasus kepadatan lalu lintas dan akan dimanfaatkan menjadi dasar-dasar perancangan sistem.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Tarnoto dan lussiana pada tahun 2010 dengan

judul “Rancang Bangun Penghitung Kendaraan Secara Otomatis Berbasis Client Server”. Penelitian ini dilatarbelakangi dalam memperoleh data volume kendaraan masih dilakukan dengan cara manual yang terdapat banyak kelemahan, seperti kurangnya keakuratan data, perhitungan dan pengumpulan data memerlukan waktu yang relatif lama serta masih ada kemungkinan duplikasi data. Dalam perancangan penelitian yang dilakukan, untuk mendeteksi kendaraan menggunakan LDR dan laser. Data diproses menggunakan mikrokontroler dan dikirimkan ke server. Selanjutnya data tersebut disimpan dalam database informasi volume kendaraan menggunakan aplikasi server yang ditampilkan berupa tabel dan grafik. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa rancangan dapat diimplementasikan dengan baik karena dapat menghitung kendaraan secara otomatis dan waktu yang dibutuhkan dalam pengambilan data menjadi singkat.

Berdasarkan penelitian Pramono dkk pada tahun 2011 telah melakukan penelitian dengan judul “Aplikasi Pemantauan Lalu Lintas Mobil Dengan Menggunakan Sensor Gerak Dan Mikrokontroler Arduino”. Pada penelitian ini, menggunakan mikrokontroler Arduino dengan sensor gerak untuk mengumpulkan data lalu lintas. Sensor gerak akan mendeteksi pergerakan diatas jalan yang kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino. Data tersebut dikirimkan secara periodik ke data server. Pengiriman data deteksi kendaraan menggunakan metode GET pada server berbasis PHP. Pengiriman data terlebih dahulu dienkripsi dengan RC4. Enkripsi dilakukan menggunakan private key yang selalu berubah setiap terjadi pengiriman data. *Private key* tersebut dikirimkan oleh server setelah berhasil menerima data yang dikirimkan oleh mikrokontroler Arduino. Server akan mendekripsikan data yang dikirim pada mikrokontroler Arduino yang kemudian akan disimpan ke dalam *database* MySQL. Hasil uji coba dibedakan berdasarkan kategori jalan yaitu kepadatan rendah, sedang dan ramai. Dalam pengujian menunjukkan bahwa

sensor gerak belum mampu dalam membedakan kendaraan sepeda motor dan mobil. Namun keakuratan yang didapatkan oleh mikrokontroler Arduino secara keseluruhan sebesar 90%, 82% dan 91% untuk masing-masing kategori.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Bram, J.A pada tahun 2011 dengan judul “Rancang Bangun Prototipe Pengatur Lampu Lalu Lintas Memanfaatkan Sensor Tekan”. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun prototipe pengatur lampu lalu lintas menggunakan sensor tekan dengan tujuan untuk mengendalikan nyala lampu lalu lintas secara otomatis sesuai dengan tingkat kepadatan kendaraan. Perangkat menggunakan LED dan photodiode sebagai sensor untuk mendeteksi kepadatan lalu lintas serta menggunakan mikrokontroler AVR ATMEGA 8535 dalam pengolahan data. Pengujian sensor yang digunakan pada miniatur perempatan jalan raya disesuaikan dengan kondisi lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat mampu mengendalikan durasi nyala lampu lalu lintas secara otomatis berdasarkan kepadatan kendaraan dengan batasan durasi tekan > 30 detik setelah menyelesaikan penjadwalan normal lampu lalu lintas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Khair dkk pada tahun 2012 dengan judul “Implementasi Mikrokontroler MCS51 Untuk Mendeteksi Kepadatan Lalu Lintas menggunakan Sensor Beban”. Dalam penelitian ini membahas perancangan deteksi kepadatan kendaraan menggunakan aplikasi mikrokontroler MCS51 dengan model simulasi kepadatan kendaraan yang bertujuan mengatasi antrian di lampu lalu lintas. Dengan mikrokontroler MCS51 pengaturan lampu lalu lintas memberikan hasil yang lebih efektif karena sensor yang digunakan selalu membaca berdasarkan antrian yang paling padat pada suatu jalur ruas jalan lalu lintas.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Vrileuis, A pada tahun 2013 dengan judul “Pemantau Lalu Lintas dengan Sensor LDR Berbasis Mikrokontroler ATmega16” . Penelitian ini bertujuan untuk memantau

kondisi lalu lintas dengan mengukur kecepatan dan kepadatan kendaraan. Perancangan sistem menggunakan sensor LDR (Light Dependent Sensor) yang dapat mendeteksi kendaraan berdasarkan intensitas cahaya. Sensor LDR yang digunakan pada rangkaian berfungsi sebagai saklar. Mikrokontroler akan mengaktifkan atau mematikan *timer* dan menjalankan *counter* berdasarkan intensitas cahaya pada sensor. Kondisi arus lalu lintas berupa kemacetan dapat diindikasikan berdasarkan kecepatan dan kepadatan kendaraan. Data kecepatan dan kepadatan ini diolah oleh mikroprosesor dengan pemrograman C untuk prosesor RISC AVR (Alf and Vegard's RISC processor). Data *timer* dan *counter* diolah dengan proses aritmatika untuk memperoleh informasi mengenai keadaan lalu lintas. Untuk mendapatkan kecepatan menggunakan teori kinematika dengan cara mengalikan jarak antar sensor yang ditentukan dengan waktu ketika kendaraan melewati sensor. Kemacetan dapat dideteksi apabila kecepatan lebih rendah dari kondisi yang ditetapkan dan kepadatan di atas kondisi yang ditetapkan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Iswanjono dan Wijaya pada tahun 2015 dengan judul “*Automatization Of Traffic Light For Imergency Vehicles*”. Pada penelitian ini dilatarbelakangi dalam mengatasi volume lalu lintas yang tinggi yang melintasi suatu jalan yang dapat menyebabkan kemacetan di persimpangan jalan. Penelitian dilakukan dengan membuat prototipe otomatis lampu lalu lintas menggunakan media transmisi gelombang radio. Sistem ini bertujuan untuk memberikan jalan prioritas pada kendaraan darurat dalam bentuk lampu hijau. Untuk komunikasi jarak jauh menggunakan Modul RF sedangkan untuk posisi sensor dan arah kendaraan darurat menggunakan modul GPS, ublox CN-06. Pengolahan data utama menggunakan Arduino mega. Hasil pengujian perangkat bekerja dengan baik di daerah terbuka dan memperoleh akurasi pengenalan kendaraan darurat hingga 100% pada jarak kurang dari 96 meter.

4. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam monitoring antrian kendaraan pada persimpangan dilakukan dengan menempatkan sensor pada sisi jalan untuk mendeteksi kendaraan yang mengalami antrian. Hasil deteksi sensor akan dikirim ke rangkaian penerima yang kemudian diolah untuk menentukan tingkat kepadatan antrian kendaraan. Dalam perancangan sistem dibutuhkan komponen berdasarkan kebutuhan rangkaian dan merujuk pada penelitian yang pernah dilakukan.

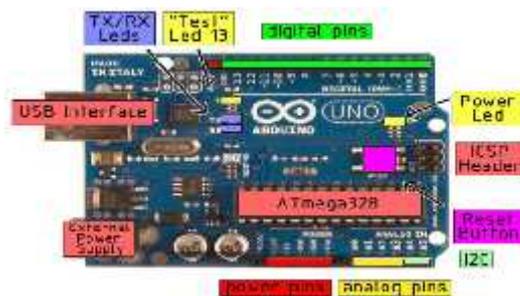
Berikut merupakan komponen yang dibutuhkan dalam perancangan monitoring antrian kendaraan pada lampu merah.

4.1 Board Arduino UNO

Arduino uno merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang dapat untuk diprogram. Program Arduino dinamakan *sketch*. Dengan menuliskan *sketch* pada *software* Arduino dapat memberikan berbagai intruksi yang akan membuat Arduino dapat melaksanakan tugas sesuai dengan intruksi-intruksi yang diberikan. Arduino merupakan sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory* microcontroller.

Arduino uno digunakan karena memiliki kelebihan sebagai berikut :

- 1) Murah, dibandingkan platform yang lain.
- 2) Lintas platform, software Arduino dapat dijalankan pada sistem operasi Windows, Macintosh OSX dan Linux, sementara platform lain umumnya terbatas hanya pada Windows.
- 3) Bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan digunakan.
- 4) Sistem yang terbuka, baik dari sisi hardware maupun software-nya.

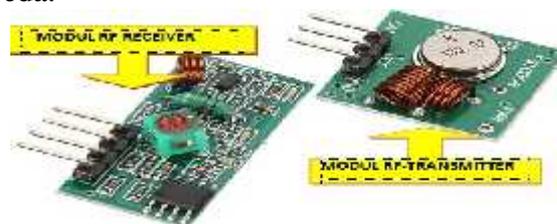


Gambar 4.1 Board Arduino UNO

4.2 Modul RF 433MHz

Modul RF 433MHz merupakan sebuah modul komunikasi nirkabel yang memanfaatkan pita gelombang 433MHz dengan modulasi ASK. Modul ini dapat bekerja pada rentang tegangan 3,3-12 VDC sehingga dapat dengan mudah diintegrasikan dengan Arduino. Semakin besar tegangan maka jangkauan dari modul ini akan semakin jauh, modul ini digunakan untuk mengirimkan data dari rangkaian transmitter atau hasil nilai keluaran dari sensor ultrasonik ke rangkaian receiver.

Pengaplikasian modul ini pada mikrokontroler terjadi satu arah saja yaitu *master* mengirim data dan *slave* mengolah data tanpa adanya *feedback* dari *slave*. Modul ini juga memungkinkan untuk melakukan komunikasi *master* dengan *multi slave*, tentunya dengan pengkodean yang berbeda-beda.

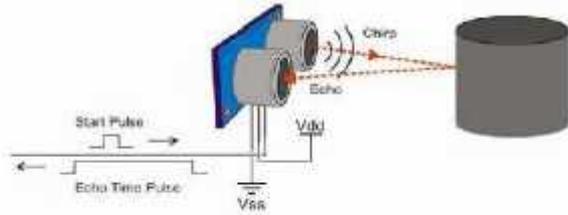


Gambar 4.2 Modul RF 433MHz

4.3 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik dibutuhkan untuk mendeteksi keberadaan objek. Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dari 40Khz hingga 400Khz. Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Sensor bekerja dengan cara transmitter memancarkan

seberkas sinyal ultrasonik (40KHz) yang berbentuk pulsa, kemudian jika di depan sensor ada objek padat maka receiver akan menerima pantulan sinyal ultrasonik tersebut. Receiver akan membaca lebar pulsa yang dipantulkan objek dan selisih waktu pemancaran. Dengan pengukuran tersebut, jarak objek di depan sensor dapat diketahui.



Gambar 4.3 Sensor Ultrasonik

5. PERANCANGAN SISTEM

5.1 Skenario Perancangan Sistem

Alat pengukuran kepadatan kendaraan menggunakan 3 sensor ultrasonik dalam satu ruas jalan dengan satu buah arduino uno dan satu modul RF 433Mhz untuk masing-masing sensor. Skenario pada perancangan sistem adalah sebagai berikut :

- 1) Sensor terintegrasi dengan rangkaian mikrokontroler dan RF transmitter.
- 2) Jarak rentang sensor terhadap objek yang akan dideteksi maksimal sejauh 4 meter.
- 3) Master modul yang terdiri dari RF receiver terintegrasi dalam satu modul yang disambungkan pada komputer.
- 4) RF transmitter dapat menjangkau RF receiver maksimal dengan jarak 100 meter.
- 5) Hasil pengukuran kepadatan kendaraan diidentifikasi menjadi empat bagian, yaitu longgar, kecil, sedang, dan besar dengan indikator LED.
- 6) Hasil pengukuran dapat disimpan dalam bentuk *spreadsheet Excel*.

Desain rancangan menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan objek, jika sensor dihalangi objek akan memberi data 1 (satu) yang menunjukkan *HIGH* dan jika tidak ada objek yang terdeteksi maka data 0 (nol) menunjukkan *LOW*, data yang diterima dari sensor akan diproses mikrokontroler

arduino uno, dan di kirim melalui media transmisi wireless dengan modul transceiver RF 433Mhz .

Data yang dikirim akan diterima melalui modul receiver RF 433Mhz dan diproses oleh mikrokontroler arduino uno dengan hasil data yang dapat ditampilkan pada indikator LED.

Tabel 5.1 Skenario Pengambilan Data Sensor Ultrasonik

Sensor 3	Sensor 2	Sensor 1	Hasil
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	2
1	0	0	3
1	0	1	3
1	1	0	3
1	1	1	3

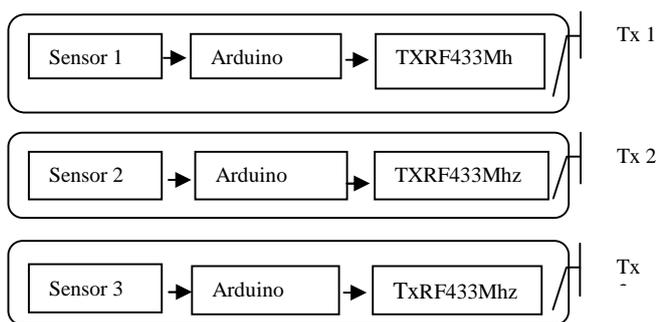
5.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam kebutuhan rancangan antara lain :

1. Laptop Acer v5-171
2. Board Arduino UNO
3. Software Arduino IDE 1.0.6
4. Sensor ultrasonik
5. Modul RF 433 MHz
6. Papan Sirkuit (*Printed Circuit Board*)
7. Kabel *Jumper*
8. Resistor
9. LED
10. Software PLX

5.3 Desain Rangkaian Transmitter

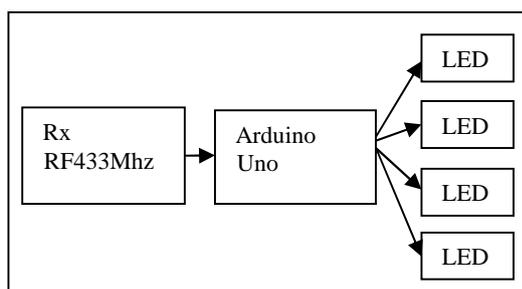
Pada penelitian ini, Transmitter merupakan alat yang akan mengirimkan hasil deteksi sensor yang akan diproses oleh microkontroler arduino uno dan modul RF 433Mhz sebagai media transmisi. Desain rangkaian transmitter ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Desain Rangkaian Transmitter

5.4 Desain Rangkaian Receiver

Pada penelitian ini dibutuhkan rangkaian receiver untuk mengolah data yang diterima dari transmitter. Data yang peroleh diterima dengan RF 433Mhz dan microcontroller arduino uno yang diolah dapat dijadikan indikator berupa LED. Pada Gambar 5.2 dapat dilihat desain rangkaian receiver.



Gambar 5.2 Desain Rangkaian Receiver

5.5 Pembuatan Program

Pembuatan program ini merupakan proses penulisan pada *software* Arduino IDE 1.0.6 dengan maksud memasukkan perintah-perintah yang akan disimpan kedalam IC mikrokontroler pada *board* Arduino UNO pada sisi transmitter maupun receiver rangkaian agar dapat melakukan komunikasi pada proses kerjanya.

6. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS HASIL

Pengujian sistem merupakan pengujian rangkaian untuk mengetahui kebutuhan rangkaian sesuai dengan hasil perancangan. Dalam penelitian ini pengujian perancangan dilakukan pada persimpangan jalan dalam satu jalur dengan meletakkan sensor dipinggir jalan

dengan jarak antar sensor dengan objek maksimal 3 meter. Sensor terdiri atas 3 sensor ultrasonik dengan jarak antara sensor sejauh 50 meter. Hasil pengukuran deteksi sensor disimpan dalam database menggunakan software PLX-DAQ berbasis microsoft office excel.

6.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keluaran dari sensor ultrasonik berdasarkan respon sensor terhadap jarak objek yang ditentukan. Hasil dari pengujian sensor memberikan nilai *HIGH* pada keluaran ketika sensor mendeteksi objek kurang dari tiga meter dan jika tidak ada objek yang terdeteksi kurang dari tiga meter, maka sensor memberikan nilai keluaran bernilai *LOW*.

6.2 Pengujian Modul RF 433Mhz

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal antara transmitter dengan receiver dalam pengiriman data. Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan data blink dari transmitter ke receiver yang ditampilkan berupa LED. Hasil dari pengujian modul RF 433Mhz ini berhasil dilakukan sampai pada jarak 100 meter.

6.3 Pengujian Sistem Pemantau Lalulintas

Pada tahap ini dilakukan pengujian perangkat keseluruhan dengan cara ketiga sensor ditempatkan dipinggir jalan dan jarak antara sensor sejauh 50 meter. Hasil deteksi sensor akan ditampilkan dengan indikator berupa LED. Pada Gambar 6.1 menunjukkan hasil peletakan sensor.

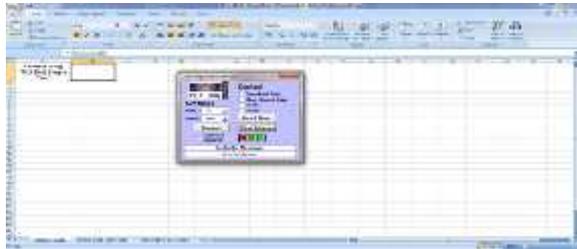


Gambar 6.1 peletakan sensor

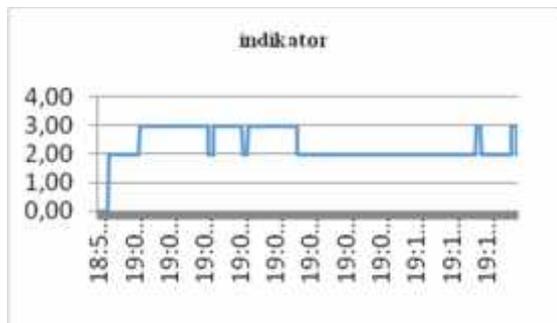
6.4 Analisa Pengukuran

Analisa pengukuran dilakukan dengan cara menyimpan hasil pengukuran secara real time dengan cara menghubungkan arduino uno

dengan aplikasi PLX-DAQ. Selanjutnya, hasil akan ditampilkan pada microsoft office excel.



Gambar 6.2 tampilan data pada PLX-DAQ



Gambar 6.3 Hasil Pengukuran

Pada grafik diatas menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan secara *realtime* pada suatu persimpangan. Nilai 1 menunjukkan tingkat antrian pendek, nilai 2 menunjukkan tingkat antrian sedang dan nilai 3 menunjukkan tingkat antrian panjang.

7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan alat pengukuran kepadatan kendaraan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Sensor ultrasonik yang digunakan bekerja dengan baik untuk mendeteksi benda padat sampai jarak 4 meter.
- 2) Modul RF 433Mhz yang digunakan sangat memudahkan proses instalasi dan modul dapat bekerja dengan baik sampai jarak 100 meter tanpa halangan.
- 3) Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sistem yang telah dibuat mampu mengukur antrian sampai jarak 100 meter dengan indikator longgar, pendek, sedang dan panjang

7.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan yaitu,

1. Dalam pengembangan diharapkan penggunaan media *wireless* dengan jarak transmisi yang lebih jauh.
2. Untuk mempermudah pengguna jalan diharapkan pengembangan aplikasi hasil deteksi antrian yang dapat diakses dengan mudah oleh pengguna kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino Uno., Agustus 2016. Tersedia di <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoard/>.
- Bram, J.A., 2011, "Rancang Bangun Prototipe Pengatur Lampu Lalu Lintas Memanfaatkan Sensor Tekan", Skripsi, Program Studi Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- cMM.,2016,[https://github.com/OpenHR20/OpenHR20/wiki/2.1\)--433-MHz-and-868-MHz--Antenna-Design-Examples](https://github.com/OpenHR20/OpenHR20/wiki/2.1)--433-MHz-and-868-MHz--Antenna-Design-Examples),Diakses 17 Januari 2017.
- Djasmanto., 2002,"Teknik Transportasi, Andi Offset, Yogyakarta.
- Fachri, M.R., Sara, I.D., dan Away, Y., 2015, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time", Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 11, No. 4, Agustus 2015, hal. 123-128. Magister Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia.
- Irlinawati., 2008,"Pengkajian Kinerja Persimpangan Pada Simpang Empat Jalan Pangeran Antasari, Jalan Gajah Mada, Dan Jalan Hayam Wuruk",Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Iswanjono., dan Wijaya, G.I., 2015, "Automatization Of Traffic Light For Imergency VehicLes", jurnal ilmiah widya teknik, Electrical Engineering, Science and Technology Faculty, Sanata Dharma University Yogyakarta, Indonesia.

- Khair, U., Suriati., Lubis I., 2012, Implementasi Mikrokontroler MCS51 Untuk Mendeteksi Kepadatan Lalu Lintas menggunakan Sensor Beban, Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SNASTIKOM 2012), ISBN 978-602-19837-0-6, Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknik Harpan Medan, Medan, Indonesia.
- Meiliana, C.H., dan Maryono, D., 2014, "Aplikasi pewarnaan Graf untuk optimalisasi pengaturan traffic light disuهارjo", JIPTEK, Vol. VII No. 1, Januari 2014, Prodi PTK FKIP UNS, Surakarta.
- Ningsih, D.H.U., 2010, "Analisa Optimasi Jaringan Jalan Berdasar Kepadatan Lalulintas di Wilayah Semarang dengan Berbantuan Sistem Informasi Geografi", Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume XV, No.2, Juli 2010 : 121-135, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Stikubank Semarang, Indonesia.
- On, T.M., Mardjoko, P.B., dan Martanto, N., 2007, "Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Secara Sentral Dari Jarak Jauh", Vol. 9 No. 2, 71 – 78 (Oktober 2007), Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara.
- Prabowo, I.A., Nugroho, D., dan Kustanto, 2016, "Aplikasi Smart Traffic Light Untuk Monitoring Marka Jalan", Jurnal Ilmiah SINUS. ISSN : 1693 – 1173, Program Studi Teknik Informatika, STMIK Sinar Nusantara Surakarta.
- Pramono, A., Mazharuddin, A., Studiawan, H., 2011, Aplikasi Pemantauan Lalu Lintas Mobil Dengan Menggunakan Sensor Gerak Dan Mikrokontroler Arduino, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Rahmat, A., 2014, Kelas Robot, <http://www.kelasrobot.com/2014/11/macam-macam-keluarga-dan-keturunan-Microcontroller.html>, Jawa Barat, Indonesia.
- Sat Puskom UNS, 2015, Mikrokontroler dan Jenis-jenisnya, <http://sat.uns.ac.id/mikrokontroler-dan-jenis-jenisnya/>, Surabaya, Indonesia.
- Susilo, V., Dr. Eng Vecky C., Poekoel, ST., MT., dan Pinrolinvic D.K. M, ST., MT., 2015, "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kedalaman Sungai", e-jurnal Teknik Elektro dan Komputer (2015); ISSN:2301-8402, Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado, Indonesia.
- Tardon., Lussiana, 2010, "Rancang Bangun Penghitung Kendaraan Secara Otomatis Berbasis Client Server", Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Gunadarma, Depok, Indonesia.
- Transmitter And Receiver 433Mhz kit datasheet, tersedia di <http://robotshop.com/files/pdf/datasheet-im120628014.Pdf>, Agustus 2016.
- Vrileuis, A., 2013, "Pemantau Lalu Lintas dengan Sensor LDR Berbasis Mikrokontroler ATmega16", Jurnal Rekayasa Elekrika, Vol. 10, No. 3, April 2013, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma.
- Yuniarto, A., 2008, "Deteksi kepadatan Lalu Lintas Menggunakan Sensor Ultrasonik Pada Persimpangan Jalan Dengan Mikrokontroler", Tugas Akhir Teknik Jurusan Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta.