

RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAUAN TRAFIK KENDARAAN DI UNIVERSITAS RIAU SECARA REAL TIME MENGGUNAKAN LORA PROTOKOL

Rio Wira Putra¹⁾, Yusnita Rahayu²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru 28293

Email: ¹⁾rio.wira1254@student.unri.ac.id
²⁾Yusnita.rahayu@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

This study aims to gather information to count the number of vehicles come to University of Riau in real time and remotely using LoRa protocol, as one of kind data transmission can reach long distance. By counting the number of vehicles that enter every day, the University of Riau can use this data for studying materials in the construction of roads or parking area, that it can provide sufficient facilities in University of Riau. The LoRa protocol is one kind of the Low Power Wide Area Network (LPWAN) access technologies with wide range of characteristics, and easy to activation of devices. In this study, ultrasonic sensor is used to count the number of vehicles that enter daily to University of Riau. Data from ultrasonic measurement is going to sent to laboratorium electro with is approximately 2 kilometers using three point, measurement point, repeater point, and data observation point. Measurements is conducted one workday in the University of Riau environment. The results of this study are obtained that the number of vehicles come to the University of Riau is 1561 unit vehicle in 8 hours, also the reliability of the LoRa protocol used result in number for data transmission, range of transmission distance between 1-2 km, strong signal reception in average -97,47 dB, signal to noise ratio (SNR) as a quality of delivery parameters is 10,63 dB, and the value of the error frequency is -142,82 Hz that exists in data transmission on LoRa.

Keywords: LoRa, ultrasonic, vehicles, real time, LPWAN

I. PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk yang semakin pesat berbanding lurus dengan pertumbuhan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Khususnya di Universitas Riau pada tahun 2014 tercatat ada 15.303 mahasiswa perempuan dan 14.187 mahasiswa laki-laki yang menuntut ilmu di Universitas Riau (bps.2015). Setidaknya ada 6.646 kendaraan roda dua, dan 741 kendaraan roda empat dalam tiga hari yang terhitung mengunjungi fakultas teknik Universitas Riau (Suryani,A.I.2017). Sehingga rata-rata ada 2.463 kendaraan yang mengunjungi fakultas teknik setiap harinya. Data tersebut belum termasuk kendaraan dari mahasiswa fakultas lainnya yang mengunjungi Universitas Riau. Untuk masuk ke lingkungan Universitas Riau dapat melalui empat gerbang masuk utama, yaitu gerbang jl.Subrantas, gerbang jl.Bangau Sakti, gerbang jl. Binakrida dan gerbang

jl. H.R Subrantas, dalam pengukuran trafik kendaraan ini penulis memilih untuk memfokuskan pengukuran di gerbang jl. H.R Subrantas.

Untuk memenuhi kebutuhan akan pemantauan jarak jauh, sejak tahun 2013 telah dikembangkan teknologi akses low power wide area network (LPWAN) yang memiliki karakteristik jangkauan luas, kecepatan data rendah, *interoperability*, penggunaan daya rendah sehingga umur baterai lama, kemudahan aktifasi perangkat, standar terbuka, dan masif. Teknologi akses LPWAN dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan wi-fi terkait dengan jangkauan dan mengatasi keterbatasan teknologi 3G/5G dalam hal penggunaan daya yang besar dan penomoran yang terbatas. 3 jenis teknologi LPWAN yang saat ini berkembang pesat adalah SigFox, low range (LoRa) WAN, dan narrow band (NB) IoT. Dalam penerapannya, SigFox dan LoRa WAN

memanfaatkan alokasi pita frekuensi *industry, science, and medical* (ISM) band yang tidak berlisensi, sedangkan NB IoT ditempatkan menggunakan frekuensi seluler yang berlisensi (Gunawan dkk.2017).

LoRa-WAN (Long Range Wide Area Network) sebagai protokol yang digunakan karena keunggulannya dalam instalasi yang lebih mudah, biaya yang relatif rendah, dan lebih tahan terhadap interferensi (Olsson dkk.2017). Tetapi, karena ketiadaannya LoRa gateway yang tersedia di Universitas Riau, maka untuk mengirimkan hasil pengukuran ke internet akan diganti melalui modul wifi esp 8266. Berikut ini beberapa contoh penelitian tentang LoRa maupun LoRa-WAN yaitu, Sistem monitoring polusi menggunakan LoRa (Raju,V.2017), Mempelajari LoRa (Long Range) sebagai salah satu *low power network* untuk *Internet of Things* (Augustin Dkk.2016), membahas LoRa dan LoRaWAN, apakah protokol yang cocok untuk stasiun cuaca? (Olsson dkk.2017).

Rancangan alat pemantauan trafik kendaraan ini akan menggunakan alat berbasis mikrokontroler dengan sensor ultrasonik, seperti beberapa penelitian yang sudah ada dengan bermacam jenis sensor seperti, trafik manajemen dengan *ultrasonic transducer* (Patrascoiu,N.2018), Monitoring trafik dengan sensor magnetik (Zarnescu,A.2017), Pemantauan lalu lintas mobil dengan sensor gerak (Pramono dkk.2011).

II. DASAR TEORI

2.1. Teknologi Low Power Wide Area Network

Saat ini ada 3 teknologi dasar LPWAN yang saat ini berkembang yaitu SigFox, LoRa WAN dan NB IoT. Tabel 1 menunjukkan perbandingan karakteristik 3 teknologi LPWAN yang berkembang dengan basis teknologi seluler yaitu teknologi long term evolution mobile (LTE-M).

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Teknologi LPWAN (Low Power Wide Area Network)

	LPWAN (Low Power Wide Area Network)					
	LTE-M			NB-IoT (Rel.13)	LoRa	SigFox
	Cat 1 (Rel.8)	Cat 0 (Rel.12)	Cat M (Rel.12)			
Coverage	Same as LTE Coverage (Cat-M: Deeper Penetration)			<22km	15-45km Flat; 15-22km Sub-urban 3-8km Urban	50km rural; 10km urban
Band (MHz)	900				433; 868 915; Varies by region	868; 902
ISM band	No			Yes	Yes	
Signal BW	20 MHz	1.4 MHz	1.08 MHz	180 kHz	125 kHz	0.1 kHz
Data Rate	10 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	200 kbps	0.3-50 kbps	100 bps
TX Power	100mW			200mW	25-100mW	
Battery Life	10 Years			10 Years	10 Years	10 Years

Dari ketiga teknologi tersebut, tampaknya LoRa WAN yang menarik banyak minat pengembang perangkat IoT sebagai teknologi dengan pertimbangan didukung oleh vendor besar, ketersediaan perangkat, teknologi bersifat terbuka, mudah dalam implementasinya, daya rendah, dan harga terjangkau.

Untuk menggelar jaringan LPWAN adalah tersedianya alokasi frekuensi yang sesuai serta berlaku global. Alokasi frekuensi untuk LPWAN pada umumnya dialokasikan pada alokasi pita frekuensi untuk *industry, science, and medical* (ISM) band. Alokasi frekuensi yang umum digunakan adalah pada frekuensi 433 MHz, 868 MHz, dan 915 MHz, dengan rata-rata bandwidth sebesar 2 MHz (Gunawan dkk.2017). Indonesia belum secara khusus mengalokasikan frekuensi untuk LPWAN. Saat ini alokasi frekuensi yang ada untuk short range devices (SRD) pada pita frekuensi 923 – 925 MHz sesuai dengan PM 35/2015. Frekuensi ini untuk sementara telah diimplementasikan untuk smart meter two ways berbasis LoRa WAN baik untuk perangkat end-user maupun gateway, dan sedang diujicoba oleh PLN Distribusi Bali untuk layanan pra dan pasca bayar kepada 1000 pelanggan di daerah Kuta (Gunawan dkk.2017).

2.2. Long Range (LoRa)

Long Range (LoRa) adalah suatu format modulasi yang unik dan mengagumkan yang dibuat oleh Semtech. modulasi yang dihasilkan menggunakan modulasi FM. Inti pada pemrosesan menghasilkan nilai frekuensi yang stabil. metode transmisi juga bisa menggunakan PSK (Phase Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying) dan lainnya. Nilai frekuensi pada LoRa bermacam-macam sesuai daerahnya, jika di Asia frekuensi yang digunakan yaitu 433 MHZ, di Eropa nilai frekuensi yang digunakan yaitu 868 MHZ, sedangkan di Amerika Utara frekuensi yang digunakan yaitu 915 MHZ.

Fitur-fitur yang tersedia di LoRa adalah (Semtech.2015) :

1. Geolocation, fungsi ini memungkinkan kita dapat mendeteksi lokasi keberadaan suatu benda tanpa biaya alias gratis.
2. Biaya Rendah, dapat mengurangi biaya dengan 3 cara : mengurangi biaya infrastruktur, biaya operasional dan sensor-sensor yang mempunyai jaringannya sendiri.
3. Terstandar, dibuat agar dapat berinteraksi den berfungsi dengan produk atau sistem lain,

sehingga dapat cepat beradaptasi dengan jaringan dan aplikasi IoT.

4. Daya Rendah, dengan konsumsi daya yang dibutuhkan hanya berkisar dari 13Ma hingga 15Ma. Sehingga baterai dapat bertahan dari 10 hingga 20 tahun.
5. Jarak Jauh, satu unit LoRa dapat memancarkan hingga 100KM.
6. Aman, Tertanam end-to-end enkripsi AES128
7. Kapasitas Tinggi, Mendukung jutaan pesan per base station, ideal untuk operator jaringan publik yang melayani banyak pelanggan.

Produk yang diproduksi oleh Semtech untuk LoRa adalah dengan seri (keluarga SX127X).

Tabel 2. Daftar produk LoRa (Semtech.2015)

LoRa Transceivers	
SX1272	Long Range, Low Power RF Transceiver 860-1000MHz with LoRa® Technology
SX1273	Long Range, Low Power RF Transceiver 860-1000MHz with LoRa® Technology
SX1276	Dual RF input, Long Range, Low Power RF Transceiver 137-960MHz with LoRa® Technology
SX1277	137 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver
SX1278	137 MHz to 525 MHz Low Power Long Range Transceiver
LoRa Concentrator	
SX1301	SX1301

LoRa *Transceiver* merupakan produk LoRa dapat berfungsi sebagai *transmitter* untuk mengirim data dan juga *receiver* untuk menerima data, yang membedakan dari kode produk diatas terdapat pada frekuensi kerja alat dan fitur yang didukungnya. LoRa *concentrator* berfungsi sebagai *gateway* ataupun gerbang penerimaan data LoRa dari banyak *node* untuk membentuk jaringan Long Range Wide Area Network (LoRaWAN).

2.3 Komponen Alat

Komponen alat yang akan digunakan yaitu :

2.3.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan

6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.



Gambar 2. Arduino UNO R3 ATmega328

Tabel 3. Spesifikasi Arduino Uno

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 gr

Tabel diatas merupakan spesifikasi dari *board* arduino uno yang berisi tegangan kerja, *output*, jumlah pin digital dan analog, besaran memori dan dimensi dari arduino.

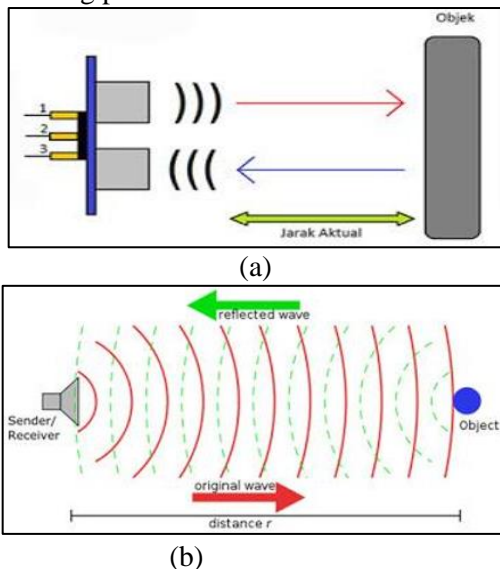
2.3.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik). Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia.



Gambar 3. Gambar sensor ultrasonik HC-SR04

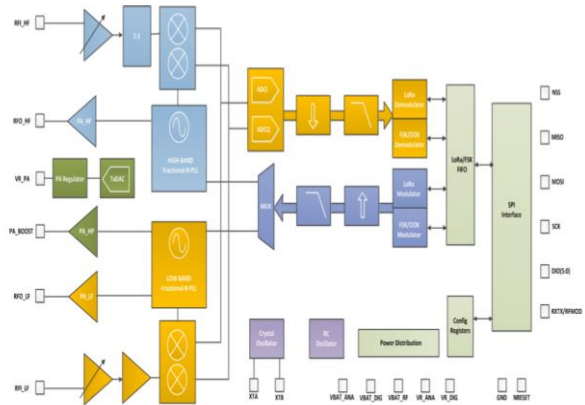
Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima.



Gambar 4. (a,b) Cara kerja sensor Ultrasonik

2.3.3 LoRa Transceiver (SX1278)

SX1278 Merupakan salah satu modul transceiver yang mengadopsi *LoRa spread spectrum technology* dari SEMTECH. Modul ini dapat bekerja dua fungsi sebagai transmitter maupun transceiver.



Gambar 5. Blok diagram SX1278

Fitur Kunci produk :

- *LoRa™ Modem*
- *168 dB maximum link budget*
- *+20 dBm - 100 mW constant RF output vs. V supply*
- *+14 dBm high efficiency PA*
- *Programmable bit rate up to 300 kbps*
- *High sensitivity: down to -148 dBm*
- *Bullet-proof front end: IIP3 = -11 dBm*
- *Excellent blocking immunity*
- *Low RX current of 9.9 mA, 200 nA register retention*
- *Fully integrated synthesizer with a resolution of 61 Hz*
- *FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa™ and OOK modulation*
- *Built-in bit synchronizer for clock recovery*
- *Preamble detection 1*
- *127 dB Dynamic Range RSSI*
- *Automatic RF Sense and CAD with ultra-fast AFC*
- *Packet engine up to 256 bytes with CRC*
- *Built-in temperature sensor and low battery indicator*



(a)



(b)

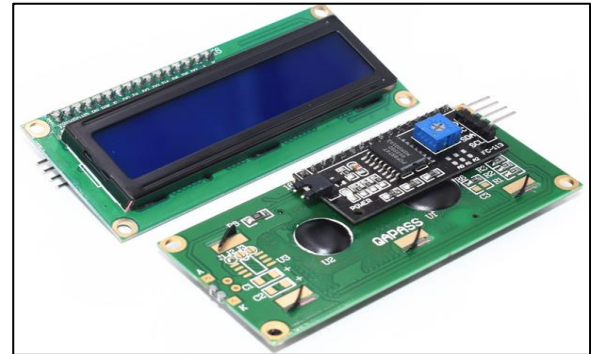
Gambar 6. (a) SX1278 dengan antenna
(b) SX1278 tanpa Antena

Spesifikasi elektrik SX1278 LoRa :

- Tegangan kerja = 3.3 V
- Suhu = 25° C
- fXOSC = 32 MHz
- *bandwidth (BW)* = 125 kHz
- *Spreading Factor (SF)* = 12
- *Error Correction Code (EC)* = 4/6
- *Packet Error Rate (PER)* = 1%
- *Output power* = 13 dBm pada transmisi
- *Payload length* = 64 bytes
- *Preamble Length* = 12 symbols (*programmed register PreambleLength*=8)
- Dengan *matched impedances*

2.3.4 LCD 16x2 + I2C

LCD 16×2 adalah salah satu penampil yang sangat populer digunakan sebagai interface antara mikrokontroler dengan user nya. Dengan penampil LCD 16×2 ini user dapat melihat/memantau keadaan sensor ataupun keadaan jalannya program. Penampil LCD 16×2 ini bisa di hubungkan dengan mikrokontroler apa saja.



Gambar 7. LCD 16X2 dengan I2C modul

Spesifikasi LCD 16x2:

- Tampilan 16 karakter 2 baris, 5 x 8 pixel / karakter
- Display controller HD44780 (umum)
- Backlight biru
- Tulisan putih
- Sudut pandang lebar dengan tingkat kontras yang dapat diatur dan terlihat jelas
- Tegangan kerja: 5V DC
- Dimensi modul: 80 x 36 x 12 mm
- ^(b)Dimensi layar tampilan: 64,5 mm x 16 mm

2.3.5 Baterai 18650

Tegangan kerja baterai 18650 adalah 3,7 volt. Dengan tegangan kerja maksimum adalah 4,2 volt kondisi *full charge*. Dengan kapasitas yang besar dan daya yang besar sangat ideal untuk menyuplai arduino maupun modul LoRa.



Gambar 8. Baterai 18650

2.3.6 Modul XL4005 step down

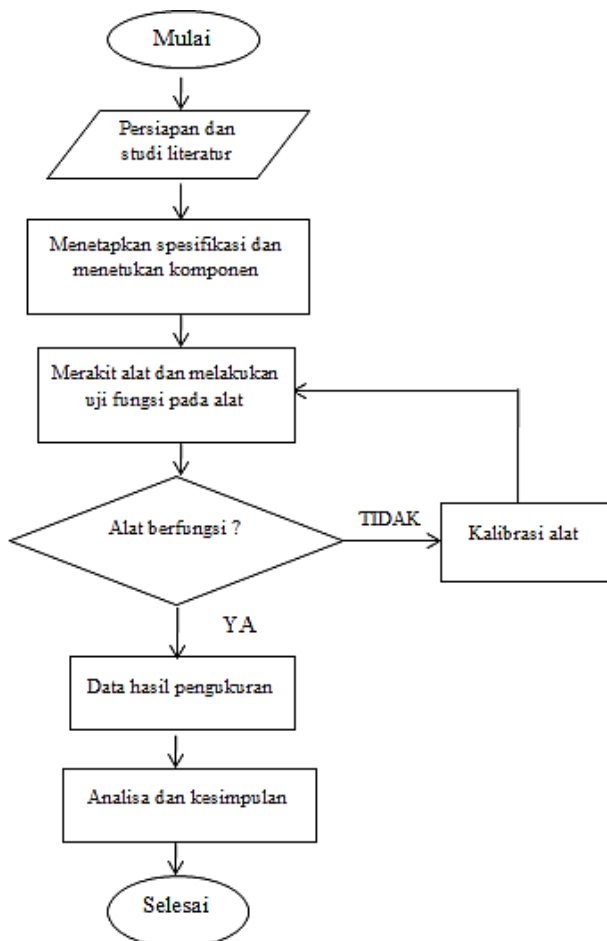
Modul yang berfungsi sebagai penurun tegangan untuk menurunkan tegangan dari baterai 18650 agar dapat bekerja pada rentang 3,3 volt dengan kemampuan hingga 5 ampere. Selain untuk penurun tegangan juga untuk proteksi terhadap *short circuit* dan *over heat*.



Gambar 9. Modul XL4005 Step down

III. METODA PENELITIAN

Berikut ini adalah diagram alir urutan dalam melakukan penelitian



Gambar 10. Diagram alir penelitian

3.1 Perancangan alat

Untuk dapat melakukan pengukuran dan pengambilan data, maka terlebih dulu merancang alat yang akan digunakan, terdiri dari :

1. Sensor pengukuran dan *transmitter*.

Pada alat ini dipasang alat terdiri dari sensor ultrasonik dan *transceiver* LoRa SX1278 untuk dapat mengirim data dari sensor pada perangkat penerima.



Gambar 10. Sensor dan *transmitter* data

2. *Repeater* (penerus data)

Pada alat ini terdapat *transceiver* LoRa SX1278 yang akan meneruskan data dari sensor agar dapat menempuh jarak yang diinginkan.



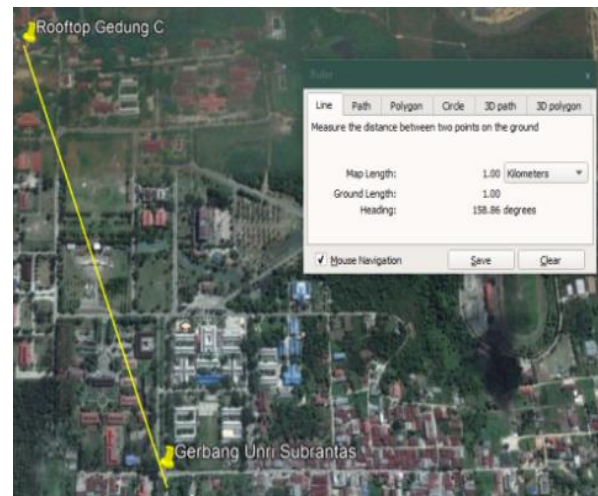
Gambar 11. *Repeater*

3. Receiver (penerima data)

Pada titik ini terdapat transceiver LoRa SX1278 dan laptop untuk menampilkan data hasil pengukuran yang akan ditampilkan pada serial monitor pada program arduino IDE.



Gambar 12. Receiver



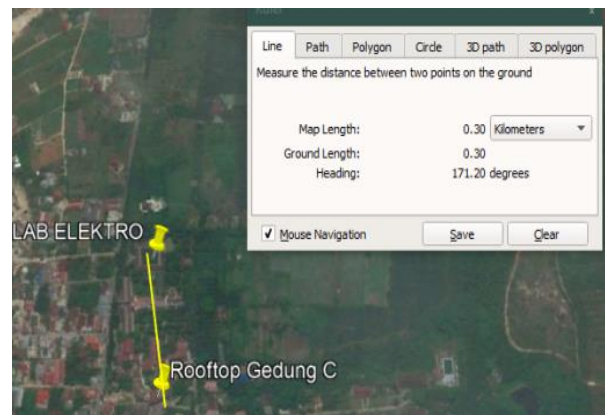
Gambar 15. Titik pengukuran transmitter ke repeater

3.2 Pengukuran di lapangan

Pengukuran dilakukan pada hari Selasa 2 Juli 2019, dimana pada rencana awal sensor penghitung akan diposisikan pada gerbang unri jalan H.R Subrantas,



Gambar 13. Proses menghitung kendaraan yang lewat



Gambar 16. Titik pengukuran repeater ke receiver

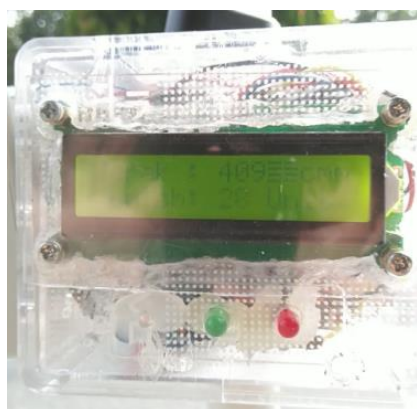
Hasil dari pengukuran akan ditampilkan pada serial terminal program arduino IDE berupa :

1. Jumlah unit kendaraan
2. Kuat sinyal penerimaan LoRa
3. Nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)*
4. Bit Error rate

Data yang didapat pada serial terminal akan diambil beberapa contoh dan dipindah pada tabel untuk dianalisa.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran didapat jumlah kendaraan yang memasuki gerbang masuk Unri jalan subrantas didapat 1561 unit kendaraan yang memasuki Universitas Riau. Berikut beberapa sampel hasil pengukuran pada Serial terminal arduino IDE.



Gambar 14. Hasil pengukuran pada sensor

```

COM3
Lora Receiver
Received packet '1555' unit
' with RSSI -98
' with SNR 12.75
' with Packet Frequency Error -237
Received packet '2555' unit
' with RSSI -98
' with SNR 12.25
' with Packet Frequency Error -233
Received packet '3555' unit
' with RSSI -98
' with SNR 12.00
' with Packet Frequency Error -230
Received packet '4555' unit
' with RSSI -98
' with SNR 11.25
' with Packet Frequency Error -225
Received packet '5555' unit
' with RSSI -98
' with SNR 12.25
' with Packet Frequency Error -219
Received packet '6555' unit
' with RSSI -98
' with SNR 11.75
' with Packet Frequency Error -216
Received packet '7555' unit
' with RSSI -98
' with SNR 12.25
' with Packet Frequency Error -214
Received packet '8555' unit
' with RSSI -98
' with SNR 11.75
' with Packet Frequency Error -211
Received packet '9555' unit
' with RSSI -98

 Autoscroll  Show timestamp

```

Gambar 17 . Tampilan hasil pengukuran pada serial terminal arduino IDE.

Data yang ditampilkan oleh serial terminal diambil sampelnya per 100 kendaraan yang terhitung, sehingga didapat data pada tabel berikut

Tabel 4. Data sampel hasil pengukuran

No	Jumlah Kendaraan (unit)	Kuat Sinyal rssi (dB)	Besaran SNR	Frequency error packet (Hz)
1	1	-98	12.75	-237
2	100	-98	12.25	-170
3	200	-97	8.75	-171
4	300	-97	9	-165
5	400	-98	11.25	-162
6	500	-97	9.75	-148
7	600	-97	11.25	-143
8	700	-99	12.5	-131
9	800	-98	12.5	-144
10	900	-99	12.5	-130
11	1000	-98	10.25	-128
12	1100	-98	11	-123
13	1200	-97	10	-108
14	1300	-96	9.25	-116
15	1400	-97	8.75	-115
16	1500	-96	9.75	-123
17	1561	-97	9.25	-114
Rata-rata	195.12 unit per jam	-97.47	10.63	-142.82

Dari tabel diatas didapat bahwa rata-rata kendaraan yang masuk Universitas Riau yaitu 195 unit kendaraan perjam, dengan rata-rata kuat sinyal penerimaan dari modul LoRa SX1278 yaitu -97,47dB pada setiap pengiriman data.

Sementara dari tabel diatas diperoleh nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* rata-rata untuk sampel data yang ditransmisikan didapat nilai sebesar 10,63 nilai ini tergolong cukup dari segi kualitas untuk pengiriman data, berikut ini nilai dan kategori untuk nilai SnR :

- 29,0 dB ~ ke atas = *Outstanding* (bagus sekali)
- 20,0 dB ~ 28,9 dB = *Excellent* (bagus) • Koneksi stabil.
- 11,0 dB ~ 19,9 dB = *Good* (baik) • Sinkronisasi sinyal ADSL dapat berlangsung lancar.
- 07,0 dB ~ 10,9 dB = *Fair* (cukup) • Rentan terhadap variasi perubahan kondisi pada jaringan.
- 00,0 dB ~ 06,9 dB = *Bad* (buruk) • Sinkronisasi sinyal gagal atau tidak lancar (ter-putus²).

Frequency error packet adalah kesalahan frekuensi terhadap data yang diterima antar frekuensi pusat LoRa penerima dan frekuensi dari pengiriman data, rata-rata frekuensi salah yang didapat sebesar -142,82 per sampel data.

V.Kesimpulan

Berdasarkan data yang didapat diperoleh kesimpulan :

- 1.Jumlah kedatangan kendaraan di Universitas Riau sebanyak 1561 kendaraan selama 8 jam pengukuran dengan rata-rata kedatangan kendaraan 195 unit per jam.
- 2.Rata-rata sinyal penerimaan dari LoRa yang didapat sebesar -97.47 sudah cukup untuk melakukan transfer data.
- 3.Nilai perbandingan antara sinyal dengan rasio *noise* rata-rata pada pengiriman data sebesar 10,2 tergolong mencukupi untuk proses transfer data.

Daftar Pustaka

- Augustin,Aloys.2016. *A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things*.Paris:www.mdpi.com/journal/sensors.
- Olsson,Kristoffer dkk.2017.*Exploring LoRa and LoRaWAN A suitable protocol for IoT weather stations?*.Gothenburg:University Of Technology Gothenburg.
- Patrascoiu,Nicolae.2018. *A mobile system for data acquisition in traffic management*.Petrosani: University of Petrosani.
- Pramono,Ade dkk.2017.*Aplikasi Pemantauan Lalu Lintas Mobil Dengan Menggunakan Sensor Gerak Dan Mikrokontroler Arduino*.Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Raju,Varada.2017. *An Environmental Pollution Monitoring System using LORA*.Visakhapatnam: Raghu Engineering College Visakhapatnam.
- Suryani, Ade Irma.2017.*Evaluasi Kebutuhan Lahan Parkir Fakultas Teknik Universitas Riau*.Pekanbaru:Universitas Riau.
- Zarnescu,Adrian.2017. *Crossroad Traffic Monitoring Using Magnetic Sensors*.Bucharest:IEEE23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME).