



**ANALISA PARAMETER CAKUPAN DAN KUALITAS
SINYAL JARINGAN LORAWAN SECARA *REALTIME* :
STUDI KASUS PEMANTAUAN KUALITAS AIR SUNGAI
CIKUMPA, KOTA DEPOK**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

HASRI ARIANSA

200111301047

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2024**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 15 Agustus 2024

Mahasiswa,



Hasri Ariansa

NIM. 200111301047

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Hasri Ariansa
NIM : 200111301047
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Parameter Cakupan Dan Kualitas Sinyal Jaringan Lorawan Secara Realtime : Studi Kasus Pemantauan Kualitas Air Sungai Cikumpa, Kota Depok

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Legenda Prameswono Pratama, S.ST., M.Sc.Eng (.....)

Pembimbing 2 : Safira Faizah, S.Tr.Kom., M.IT (.....)

Mengetahui,

Ketua Program Studi : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng (.....)

Ditetapkan di : Depok.....

Tanggal : 15 Agustus 2024..

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Hasri Ariansa
NIM : 200111301047
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Parameter Cakupan Dan Kualitas Sinyal Jaringan Lorawan Secara Realtime : Studi Kasus Pemantauan Kualitas Air Sungai Cikumpa, Kota Depok

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT

(.....)

Penguji 2 : Arie Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng

(.....)

Penguji 3 : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng

(.....)

Ditetapkan di : ~~Depok~~

Tanggal : ~~15 Agustus 2024~~

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hasri Ariansa
NPM : 200111301047
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisa Parameter Cakupan Dan Kualitas Sinyal Jaringan Lorawan Secara Realtime : Studi Kasus Pemantauan Kualitas Air Sungai Cikumpa, Kota Depok

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 15 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Hasri Ariansa

NIM. 200111301047

ABSTRAK

Di era yang semakin maju, teknologi Internet of Things (IoT) menjadi salah satu inovasi yang signifikan dalam berbagai bidang. Salah satu teknologi IoT yang berkembang pesat jaringan Long Range Wide Area Network (LoRaWAN). LoRaWAN mampu melakukan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Pada penelitian ini menganalisa cakupan jaringan LoRaWAN dalam mentransmisikan data dengan objek air sungai cikumpa, dengan jarak 100-600 meter antara tx dengan rx. Penelitian ini fokus pada cakupan kualitas jaringan RSSI, SNR LoRaWAN dan kualitas QoS jaringan LoRaWAN dengan parameter throughput, delay, jitter dan packet loss. Berdasarkan pengujian cakupan jaringan LoRaWAN mencapai jarak maksimum 600 meter pengujian dilakukan di aliran sungai cikumpa yang ber-area. Kemudian hasil nilai RSSI maupun SNR, pengujian yang dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Hasil RSSI pengujian maupun RSSI perhitungan seiring bertambahnya jarak nilai RSSI semakin menurun. RSSI pengujian pada pagi hari berkisar pada -99 dBm sampai -121 dBm, dengan SNR berkisar pada -3.25 dB sampai 8.75 dB. Hasil RSSI pengujian siang hari berkisar pada -104 dBm sampai -124 dBm, dengan SNR berkisar pada -8.50 dB sampai 9.00 dB. Serta hasil RSSI pengujian pada sore hari berkisar pada -96 dBm sampai -120 dBm dan SNR berkisar pada -7.25 dB sampai 9.00 dB. Sedangkan kualitas QoS jika dilihat dari hasil RSSI dan SNR setiap pengujian dapat dikatakan stabil. Selama melakukan pengujian dari jarak 100-600 meter saat transmisi data berlangsung tidak adanya terjadi packet loss. Hasil dari penelitian ini dapat memanfaatkan teknologi LoRaWAN untuk memonitoring suatu objek yang diinginkan dari jarak jauh.

Kata Kunci: LoRaWAN, throughput, delay, jitter, packet loss, RSSI, SNR, QoS, IoT

ABSTRACT

In an increasingly advanced era, Internet of Things (IoT) technology has become a significant innovation in various fields. One of the IoT technologies that is developing rapidly is the Long Range Wide Area Network (LoRaWAN). LoRaWAN is capable of long-distance communication with low power consumption. In this study, we analyze the coverage of the LoRaWAN network in transmitting data with Cikumpa river water objects, with a distance of 100-600 meters between tx and rx. This research focuses on coverage of RSSI network quality, LoRaWAN SNR and LoRaWAN network QoS quality with throughput, delay, jitter and packet loss parameters. Based on testing, LoRaWAN network coverage reaches a maximum distance of 600 meters, testing was carried out in the Cikumpa river area. Then the results of the RSSI and SNR values, tests carried out in the morning, afternoon and evening. The results of the RSSI test and RSSI calculations as the distance increases, the RSSI value decreases. RSSI testing in the morning ranged from -99 dBm to -121 dBm, with SNR ranging from -3.25 dB to 8.75 dB. Daytime RSSI test results range from -104 dBm to -124 dBm, with SNR ranging from -8.50 dB to 9.00 dB. And the RSSI test results in the afternoon ranged from -96 dBm to -120 dBm and SNR ranged from -7.25 dB to 9.00 dB. Meanwhile, the quality of QoS when viewed from the RSSI and SNR results for each test can be said to be stable. During testing from a distance of 100-600 meters, there was no packet loss when data transmission occurred. The results of this research can utilize LoRaWAN technology to monitor a desired object remotely.

Keywords: *LoRaWAN, throughput, delay, jitter, packet loss, RSSI, SNR, QoS, IoT*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II	4
KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Landasan Teori	4
2.1.1 Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)	4
2.1.2 RSSI, SNR dan Delay	4
2.1.3 Standarisasi LoRa	6
2.1.4 Line Of Sight (LOS)	9
2.1.5 Non-Line Of Sight (NLOS)	10
2.1.6 Mikrokontroler ESP32	11
2.1.7 Blynk dan Oled Display	17
2.1.8 Kota Depok	19
2.1.9 Gambar Peta penelitian di Sungai Cikumpa	21
2.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu	26

BAB III.....	34
METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	34
3.1.1 Tahap Pendefinisian.....	35
3.1.2 Tahap Perancangan	35
3.1.3 Tahap Pengembangan	35
3.1.4 Tahap Pengujian/Implementasi.....	35
3.2 Metode Penelitian.....	36
3.3 Peta Konsep Penelitian.....	36
3.4 Diagram Blok Sistem.....	37
3.5 Flowchart Sistem.....	38
3.6 Flowchart Transmitter	39
3.7 Flowchart Receiver	40
3.8 Lokasi dan Objek Penelitian	41
3.9 Metode Penelitian.....	41
3.10 Komponen Perangkat Keras	41
3.10.1 Mikrokontroler Esp32.....	41
3.10.2 Modul LoRa SX1278.....	42
3.10.3 Antena LoRa.....	42
3.10.4 Modul TDS	43
3.10.5 Breadboard.....	44
3.10.6 Oled Display	44
3.10.7 Baterai	45
3.10.8 Box Elektronik.....	45
3.11 Komponen Perangkat Lunak	45
3.11.1 Blynk	45
3.11.2 Aplikasi Wireshak.....	46
3.11.3 Komponen Kontroller	47
3.12 Teknik Pengambilan Data	47
3.12.1 Pengambilan Sampel Air.....	47
3.12.2 Pengambilan Data RSSI dan SNR.....	47
3.12.3 Pengambilan Data Throughput dan Packet Loss	48

3.12.4	Pengambilan Data Delay dan Jitter.....	48
3.13	Teknik Analisa Data	49
3.14	Wiring (Pengkabelan)	49
3.14.1	Wiring Transmitter	50
3.14.2	Wiring Receiver	51
3.15	3D Desain	51
BAB IV		54
HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Persiapan Komponen	54
4.1.1	Komponen Perangkat	54
4.2	Pengujian Prototype.....	55
4.2.1	Pengujian Jarak Cakupan Jaringan LoRaWAN	55
4.2.2	Pengujian RSSI dan SNR.....	57
4.2.3	Tampilan dari Sensor TDS di Oled Display dan Platform Blynk.....	75
4.2.4	Pengujian Quality of Service (QoS).....	76
BAB V		80
PENUTUP		80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN		xvi
1.	Form Kelengkapan Skripsi	xvi
2.	Desain Perangkat Receiver	xvii
1)	Tampak Depan dan Samping Kiri	xvii
2)	Tampak Samping Kanan dan Atas	xvii
3)	Tampak Depan dan Kanan Warna	xvii
4)	Hasil Perangkat Receiver	xvii
3.	Desain Perangkat Transmitter	xviii
1)	Tampak Depan dan Samping Kiri	xviii
2)	Tampak Samping Kanan dan Atas	xviii
3)	Tampak Depan dan Atas Warna.....	xix
4)	Hasil Perangkat Transmitter	xix

4. Dokumentasi Penelitian	xix
1) Perangkat Receiver	xx
2) TX 1 dan Tx 2.....	xx
3) Tx 3 dan Tx 4	xx
4) Tx 5 dan Tx 6	xxi
5) Tx 7	xxi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era digital yang semakin maju, teknologi Internet of Things (IoT) telah menjadi salah satu inovasi yang signifikan dalam berbagai bidang, termasuk dalam pemantauan lingkungan. Salah satu teknologi IoT yang berkembang pesat adalah jaringan Long Range Wide Area Network (LoRaWAN). LoRaWAN mampu melakukan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga ideal untuk aplikasi pemantauan lingkungan yang membutuhkan cakupan luas dan masa pakai baterai yang panjang. (Ibrahim, 2019)

Pengujian jaringan LoRaWAN ini dilakukan pada aliran sungai cikumpa yang mengalir pada kecamatan sukrajaya panjang sungai cikumpa sekitar 7,25 km. (Henry Budi, 2021). Namun, untuk memastikan transmisi data berjalan dengan baik, perlu mempertimbangkan beberapa faktor yang mempengaruhi sinyal, seperti jarak antara perangkat, gangguan frekuensi yang mungkin terjadi, dan kondisi lingkungan pada saat pengujian dilakukan. Faktor-faktor ini dapat mempengaruhi kekuatan dan kualitas sinyal, sehingga penting untuk melakukan pengujian yang tepat untuk mengoptimalkan performa sistem dan memastikan data yang dikirimkan berjalan dengan baik (Ernanda Susilo et al. n.d.).

Selain itu, kualitas layanan (Quality of Service/QoS) dari jaringan LoRaWAN juga menjadi aspek penting yang perlu dianalisis. QoS merupakan suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu servis. Kategori QoS didapatkan dari jumlah seluruh nilai indeks pada masing-masing parameter seperti Throughput, Latency, jitter dan Packet Loss. (Andre et al. 2021). Dalam penelitian pemantauan aliran ini, QoS yang baik memastikan bahwa data yang dikumpulkan dan dikirim oleh sensor terkirim dengan baik dan tepat waktu.

Penelitian ini peneliti melakukan penelitian dengan judul **“Analisa Parameter Cakupan Dan Kualitas Sinyal Jaringan Lorawan Secara Realtime: Studi Kasus Pemantauan Kualitas Air Sungai Cikumpa, Kota Depok”**. Hasil dari penelitian ini

diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja jaringan LoRaWAN dalam mentransmisikan data, Dengan didukung perangkat lainnya seperti ESP32 yang digunakan sebagai mikrokontroler, sensor TDS untuk mengetahui kualitas air sungai cikumpa, OLED Display dan blynk yang digunakan untuk menampilkan data hasil dari pendeteksian air sungai cikumpa.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana parameter cakupan jaringan LoRaWAN di sungai cikumpa, Kota Depok Jawa Barat?
2. Bagaimana kualitas sinyal jaringan LoRaWAN di aliran sungai cikumpa, Kota Depok Jawa Barat?
3. Bagaimana kualitas layanan (QoS) jaringan LoRaWAN di sungai cikumpa, Kota Depok Jawa Barat?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui parameter cakupan jaringan LoRaWAN di sungai cikumpa, Kota Depok Jawa Barat.
2. Untuk mengetahui kualitas sinyal jaringan LoRaWAN di aliran sungai cikumpa, Kota Depok Jawa Barat.
3. Untuk mengetahui kualitas layanan (QoS) jaringan LoRaWAN di sungai cikumpa, Kota Depok Jawa Barat.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian dan tujuan tersebut maka, dalam penelitian ini manfaat yang diharapkan yaitu:

1. Terciptanya alat atau sistem ini diharapkan dapat mengirim dan menerima data secara realtime dari jarak jauh.
2. Terciptanya alat atau sistem ini diharapkan dapat mempermudah dalam memonitoring suatu objek yang diinginkan secara realtime.

3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan atau gambaran tentang pengaplikasian jaringan LoRaWAN dalam mentransmisikan data.
4. Penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi untuk penelitian selanjutnya yang menggunakan teknologi yang sama di berbagai lingkungan dan lainnya.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penyusunan skripsi pada penelitian ini, tentu saja harus dibatasi dan harus sesuai dengan kemampuan, situasi, kondisi, biaya dan waktu yang ada atau tersedia agar masalah itu dapat tepat pada sasaran, maka dari itu peneliti membatasi ruang lingkupnya, yang nantinya diharapkan hasilnya sesuai dengan apa yang diinginkan dan rencanakan.

Dalam hal ini peneliti membatasi masalah yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini penulis membatasi obyek penelitian hanya pada 7 titik di Sungai Cikumpa di Kota Depok, Jawa Barat.
2. Pada penelitian ini hanya membahas tentang hasil dari RSSI, SNR, throughput, jitter, packet loss dan delay.
3. Penelitian ini hanya fokus pada kinerja kerja dari lora atau transmisi data.
4. Pengujian sistem atau alat dilakukan dengan pengambilan data secara langsung di beberapa titik sungai cikumpa yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Adhitya Nurhadi, Denny Darlis, Muhammad Ary Murti. "Implementasi Modul Komunikasi LoRa RFM95W Pada Sistem Pemantauan Listrik 3 Fasa Berbasis IoT." *Jurnal Sistem Komputer*, 2021.
- Ahmad Reza Hakimi, Muhammad Rivai, Harris Pirngadi. "Sistem Kontrol dan Monitor Kadar Salinitas Air Tambak Berbasis IoT LoRa." *Teknik ITS*, 2021.
- Alif Nur Islam Gemilang Rizki Hakiki, J.M. "Sistem Monitoring Real Time Salinitas Air Dengan Menggunakan Teknologi." 2022.
- Alif Nur Islam Gemilang Rizki Hakiki, Jannus Marpaung, Redi Ratiandi Yacoup, Fitri Imansyah, Dedy Suryadi. "Sistem Monitoring Real Time Salinitas Air Dengan Menggunakan Teknologi Lora (Long Range) Gateway." 2022.
- Azmi Muhammad Fathurroman, Muhammad Arman, Adriyanto Setyawan, Sugiyarto, Wirenda Sekar Ayu. "Desain dan Implementasi Arduino UNO dan Raspberry Pi pada Pengguna LoRaWAN Untuk Sistem Monitoring Temperatur dan Kelembapan ." *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2023.
- B.P.S Kota Depok, Jawa Barat. 2017-2021. <https://depokkota.bps.go.id/>.
- Bekti Yulianti, Ilham Prakoso. "Rancang Bangun Pulse Oximeter Menggunakan Aplikasi Blynk." *Teknologi Industri*, 2023.
- Bimo Wismoyo Aji, Heru Nurwasito. "Implementasi Sistem Monitoring Sungai Berbasis LoRa-MQTT Gateway." *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2023.
- Danny Kurnianto, Kemuning Nenden Testy, Prasetyo Yuliantoro. "Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Komunikasi LoRa Di IT Telkom Purwokerto." *Dinamika Rekayasa*, 2022.

Dinda Febriani Batubara, Umar Ali Ahmad, Reza Rendian Septiawan. "Implementasi Teknologi Lora Sebagai Alat Komunikasi Pada Bagan Ikan Terapung Berbasis Web Dashboard." *ISSN 2355-9365*, 2022.

"Espressif System." *esp32-c3_datasheet_*. 2023.
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-c3_datasheet_en.pdf.

F. Faizah, Kustori, I W.Y.M. Wiguna, Suhanto, A. Abdullah, D. Amalia, V. Septiani. "Implementasi Teknologi Lora dan NodeMCU ESP8266 Pada Alat Early Warning System Untuk Pemantauan Kualitas Udara ." *Penelitian Politeknik Penerbangan Surabaya*, 2023.

Hazia Rifka Maulida, Fikra Titan Syifa, Mas Aly Affandi. "Pengujian Sistem RSSI Pada Perancangan Prototype Pemantauan Lahan Kebun Teh Berbasis Lora ." *Telecommunication, Electronics And Control Engineering* , 2022.

Irwan Setyo Wibowo, Muhammad Aditiya Firdaus, Teguh Teuja Laksana. "Sistem Monitoring Ruang Server Berbasis Internet of Things Menggunakan Komunikasi Wireless LoRa Ebyte E32." *Sistem Cerdas*, 2023.

Jannus Marpaung, Fitri Imansyah, Reti Ratiandi, Marcelina. "Sistem Informasi Real Time Kadar Garam Air Baku PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak Berbasis Teknologi Lora." *JUSTIN*, 2022.

Kevin Simangungsong, Umar Ali Ahmad, Randy Erfa Saputra. "Desain dan Implementasi Dashboard Monitoring Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Berbasis LoRa dan Web." *ISSN*, 2022.

Musayyanah, Charisma Dimas Affandi, Kristin Lebdaningrum. "Penerapan Filter Kalman untuk Estimasi Jarak dan Posisi pada Lokalisasi Outdoor Berbasis RSSI dengan Komunikasi LoRa." *Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi dan Teknik Elektronika*, 2023.

- Nadia Wartingrum, Dadan Nur Ramadan, Indrarini Dyah Irawati. "Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Lora pada Tambak Nila." *ISSN*, 2023.
- Nanda, Rifqi Alif. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Cuaca Menggunakan Standar Komunikasi LoRa (LongRange) Wirelles." 2019.
- Putri Ismi Azizah, Muhammad Arman, Adriyanto Setyawan. "Monitoring Suhu dan Kelembapan Menggunakan LoRa Arduino dan ESP32 Berbasis Internet of Things Melalui Aplikasi Mobile ." *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2023.
- Raihan, Tuanku Muhammad. "Sistem Pemantauan Kualitas Air Menggunakan ESP32 Dengan Fuzzy Logic Sugeno Berbasis Android." 2022.
- Rima Fitria Adiati, Apriani Kusumawardhani, Heru Setijono. "Analisis Parameter Signal to Noiso Rasio dan Bit Error Rate dalam Backbone Komunikasi Fiber Optik Segmen Lamongan-Kebalen ." *Teknik ITS*, 2017.
- Semtech*. t.thn. <https://www.semtech.com/lora/ecosystem/lora-alliance>.
- Tianrui Liao, Kaoru Hirota, Xiangdong Wu , Shuai Shao and Yaping Dai. "Filter Kalman Korentropi Maksimum Penyetelan Mandiri Dinamis." *MDPI*, 2022.