



Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jppi>
e-mail: jppi.puslitbangkan@gmail.com

JURNAL PENELITIAN PERIKANAN INDONESIA

Volume 31 Nomor 3 September 2025

p-ISSN: 0853-5884

e-ISSN: 2502-6542

Nomor Akreditasi RISTEK-BRIN: 148/M/KPT/2020



TEKNOLOGI KOMUNIKASI NIRKABEL BERBASIS LORA: UJI STABILITAS KONEKSI DI PELABUHAN PERIKANAN KARANGANTU

LORA-BASED WIRELESS COMMUNICATION TECHNOLOGY: CONNECTION STABILITY TEST AT KARANGANTU FISHERY PORT

Sri Muryanto^{1*}, Maman Hermawan¹, Berbudi Wibowo¹, Belyamin²

¹Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jakarta

²Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta

Teregistrasi I tanggal: 06 Mei 2025 diterima tanggal: 24 juli 2025

disetujui terbit tanggal: 25 juli 2025

ABSTRAK

Pemantauan kapal di pelabuhan perikanan merupakan aspek yang krusial dalam keselamatan kapal dan kelancaran operasional di pelabuhan perikanan. Pemantauan yang dilakukan secara manual sangat rentan terhadap kesalahan yang berakibat pada kerugian operasional pelabuhan. Pengembangan teknologi IoT dengan modul jaringan LoRa menawarkan solusi otomatisasi pemantauan dan operasional pelabuhan perikanan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji stabilitas koneksi perangkat komunikasi LoRa yang diaplikasikan dalam sebuah konsep IoT. Hasil pengujian menunjukan bahwa LoRa memiliki stabilitas koneksi yang baik di lingkungan pelabuhan dengan *throughput* atau kemampuan mentransmisikan data stabil pada 8,73 B/s dan *latency* 2,28 detik pada jarak hingga 1750m. Penelitian ini memberikan bukti empiris mengenai keandalan teknologi LoRa sebagai media komunikasi nirkabel untuk sistem IoT di lingkungan pelabuhan, serta membuka arah baru dalam pengembangan infrastruktur perikanan berbasis *smart technology*.

Kata kunci: IoT; Latency; LoRa; *Throughput*

ABSTRACT

LoRa Technology as a Wireless Communication Module in Fishing Ports: Connection Stability Test at Karangantu Fishing Port. Monitoring vessels in fishing ports is crucial for vessel safety and the smooth operation of port activities. Manual monitoring is highly prone to errors, leading to operational losses for the port. The development of IoT technology with LoRa network modules offers an automation solution for monitoring and port operations in fishing ports. This study aims to test the stability of LoRa communication device connections as applied within an IoT concept. The test results show that LoRa has good connection stability in the port environment, with stable throughput at 8.73 B/s and latency of 2.28 seconds at distances of up to 1750 meters. This research opens further opportunities for developing and implementing IoT systems in fishing ports using LoRa wireless communication modules.

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya jumlah dan volume aktivitas kapal, penerapan teknologi otomatis dalam pengelolaan pelabuhan menjadi kebutuhan untuk memastikan efektivitas, akuntabilitas serta keselamatan operasional di area pelabuhan (Liu et al., 2023). Kurangnya infrastruktur teknologi menjadikan pengelolaan dan operasional pelabuhan dilakukan secara manual dan rentan terhadap

kesalahan manusia (Bjerkan & Seter, 2019), sehingga mempengaruhi kualitas pelayanan kepada masyarakat (Androutsopoulou et al., 2019; Criado & Gil-Garcia, 2019; Yau et al., 2020). Tingginya biaya perangkat instalasi serta biaya langganan bulanan menjadikan teknologi komunikasi berbasis satelit sulit diterapkan pada kapal-kapal perikanan (Lowman et al., 2013; Orofino et al., 2023).

Korespondensi penulis:
sri.muryanto@kkp.go.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jppi.31.3.2025.118-124>

Meskipun berbagai teknologi sistem komunikasi maritim yang efektif telah tersedia, pengembangan dan aplikasi teknologi IoT maritim dan komunikasi kapal yang cepat masih menjadi tantangan yang besar (Alqurashi et al., 2022). Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan operasional dan pengelolaan pelabuhan perikanan. Dengan penerepan IoT, perangkat-perangkat mesin dapat saling terhubung melalui internet, sehingga data dapat dikumpulkan, dibagikan, dan dianalisis secara real-time (Mekki et al., 2019). Teknologi *Long Range* (LoRa) adalah salah satu instrumen teknologi IoT yang memiliki keunggulan dalam transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah (Sanchez-Iborra et al., 2018; Saputra et al., 2023)

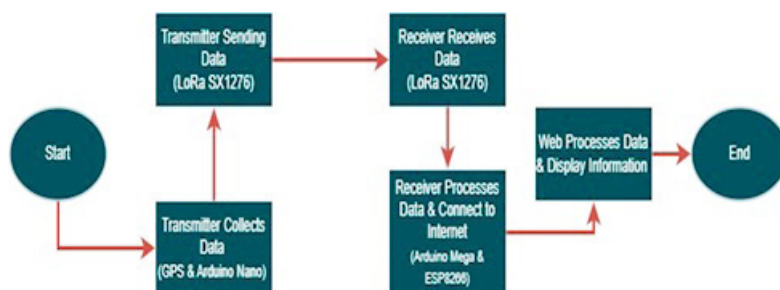
Sebuah penelitian menyimpulkan adanya potensi besar penerapan IoT untuk pemantauan kapal khususnya dengan penggunaan teknologi LoRa yang memiliki kemampuan transmisi data jarak jauh dan konsumsi daya rendah (Pensieri et al., 2021). Penelitian lain juga telah mengembangkan sistem pemantauan dan pelacakan kapal kecil berbasis LoRa, dan membuktikan efektivitasnya dalam aplikasi maritim (Tasseti et al., 2022). Namun demikian, meskipun teknologi LoRa telah banyak diterapkan untuk sistem pemantauan kapal, penggunaan teknologi LoRa sebagai modul transmisi data dalam pengelolaan pelabuhan perikanan masih belum dieksplorasi. Penelitian ini bertujuan

untuk menguji stabilitas koneksi modul komunikasi nirkabel LoRa yang digunakan dalam perangkat IoT di lingkungan pelabuhan perikanan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis dalam penerapan teknologi LoRa sebagai jaringan sistem komunikasi di pelabuhan perikanan.

METODE PENELITIAN

Bahan penelitian berupa transmitter node sebagai pengirim data dengan komponen sensor GPS Ublox Neo 7M, arduino nano sebagai mikrokontroller dan modul komunikasi LoRa SX1276 E32-900T20D dengan antenna 3dbi Omni Directional. Receiver gateway di stasiun kontrol dilengkapi modul komunikasi LoRa SX1276 E32-900T20D dengan antenna Omni Fiberglass Aerial 860-930MHz, arduino mega, dan ESP8266 dalam menerima, mengolah dan mengirim data ke jaringan internet, kemudian menampilkan informasi melalui web. Perangkat transmitter dan receiver berkomunikasi melalui gelombang radio LoRa pada frekuensi 920 MHz sesuai regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah Republik Indonesia (Direktorat Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, 2019). Diagram alur kerja sistem dalam mengumpulkan, mengirim, dan memproses data ditunjukkan pada Gambar 1. berikut:

Pengujian dilakukan dengan dua skenario yaitu pengujian darat dengan hambatan pepohonan



Gambar 1. Diagram Operasi Sistem.

Figure 1. : System Operation Diagram.

dan bangunan, dan pengujian di lingkungan perairan Pelabuhan Perikanan Karangantu.

1. Pengujian darat dilakukan dengan menempatkan antenna LoRa *gateway* setinggi 2m dari permukaan tanah di lingkungan yang terdapat hambatan pepohonan dan bangunan di area Jl. Vihara Banten Lama. *Receiver* dihubungkan dengan perangkat komputer jinjing untuk merekam data uji. Transmitter digerakan pada 10 variasi jarak uji dengan jarak interval 100m (100m s.d 1000m) pada gambar 2. Setiap titik uji

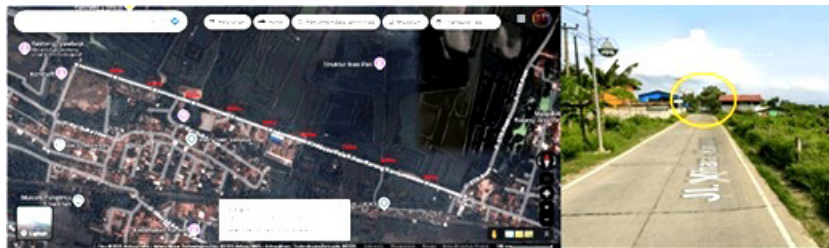
dilakukan pengiriman data sebesar 27 byte untuk pengujian *latency*, dan 22 *byte* untuk pengujian throughput dengan pengulangan sebanyak 5 kali pada setiap jarak.

2. Pengujian di lingkungan perairan pelabuhan dilakukan dengan menempatkan antenna LoRa *gateway* setinggi 8m pada gedung tertinggi di area pelabuhan. Skenario ini dilakukan agar antenna LoRa node pada transmitter dapat berhubungan langsung dengan antenna *gateway* pada *receiver*. Dengan menggunakan kapal nelayan,

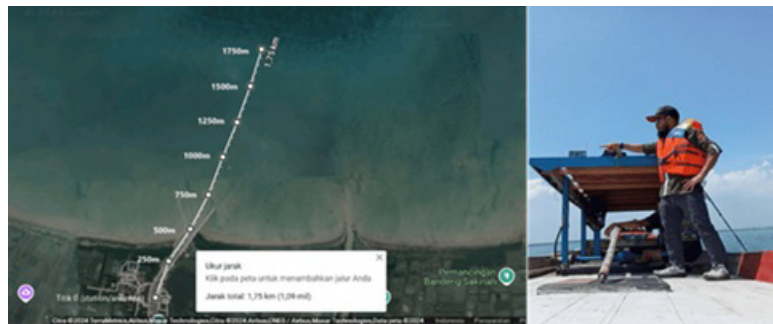
transmitter digerakan ke arah laut pada 7 variasi jarak dengan interval 250m (250 s.d 1750m) (Gambar 3.). Setiap titik uji dilakukan pengiriman data sebesar 26 byte untuk pengujian latency, dan 21 byte untuk pengujian throughput dengan pengulangan sebanyak 5 kali pada setiap jarak.

Data hasil pengujian dianalisis dengan penghitungan nilai *Coefficient of Variant* (CV) dan visualisasi data dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan. Penggunaan grafik untuk visualisasi data terbukti dapat meningkatkan kualitas komunikasi ilmiah dengan menggambarkan pola data secara lebih informatif, sehingga memudahkan audiens dalam memahami hasil penelitian secara jelas dan efektif (Hehman & Xie, 2021). Penghitungan nilai CV digunakan untuk memantau

rasio antara kedua parameter, yang memungkinkan analisis yang lebih akurat dibandingkan metode tradisional (Jalilibal et al., 2021). *Coefficient of Variant* (CV) merupakan rumusan perhitungan yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat konsistensi suatu parameter dengan cara membandingkan standar deviasi terhadap rata-rata, dinyatakan dalam persentase. Nilai CV yang rendah menunjukkan bahwa data memiliki tingkat konsistensi yang tinggi, sedangkan nilai CV yang lebih besar mencerminkan variasi yang lebih besar atau konsistensi yang rendah. Metode ini sangat berguna untuk mengukur kestabilan suatu parameter dengan interpretasi bahwa semakin kecil nilai CV semakin stabil atau konsisten data tersebut tinggi.



Gambar 2. Lokasi dan Hambatan pada Titik Pengujian Darat
Figure 2: Location and Obstacles at Land Testing Points



Gambar 3. Titik Pengujian di Pelabuhan
Figure 3: Testing Point at the Port

Penghitungan dilakukan dengan nilai rumus CV berikut:

$$CV = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Rata - rata}} \times 100\%$$

CV = Nilai *Coefficient of Variant*

Standar Deviasi = Ukuran sebaran data/nilai hasil uji dari rata-ratanya.

Rata-rata : Nilai rata-rata dari data/nilai hasil uji.

Konteks penelitian berfokus pada stabilitas dan konsistensi nilai numerik parameter selama pengujian, bukan pada tinggi rendahnya parameter yang bersifat domain spesifik seperti Laju Data

dan Packet Loss. Oleh karena itu penghitungan CV dinilai lebih tepat sebagai indikator yang objektif dan universal untuk tujuan analisis yang dilakukan.

HASIL

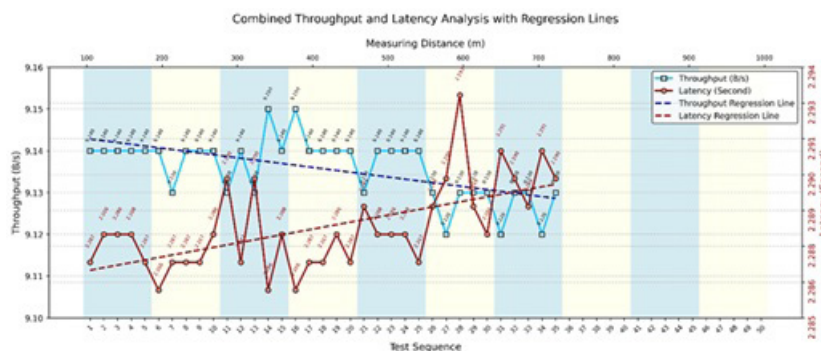
1. Pengujian Darat

Nilai CV *throughput* sebesar 66,14% menunjukkan bahwa data *throughput* memiliki variasi cukup tinggi yang mengindikasikan bahwa koneksi tidak stabil di seluruh pengujian. Nilai CV *latency* yang sangat rendah sebesar 0.07% menunjukkan bahwa data *latency* sangat konsisten dan stabil. Namun penghitungan ini hanya dilakukan pada jarak yang tersedia data hasil ukurnya yaitu jarak 100m s.d 700m,

disebabkan pada jarak 800m s.d 1000m koneksi terputus. Hasil perhitungan nilai CV *throughput* dan *latency* hasil pengujian darat pada Tabel 1.

Gambar 4. menunjukan koneksi jaringan LoRa yang stabil hingga jarak 700m dengan nilai Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai CV Pengujian Darat
Table 1. The calculated CV value for land testing

Parameter	Mean	Standar Deviasi	Nilai CV
Throughput	6,395 B/s	4,229	66,14%
Latency	2,288 detik	0,0016	0,07%



Gambar 4. Grafik Nilai Throughput dan Latency Pengujian Darat
Figure 4. The Graphs of Ground Testing Throughput and Latency Value

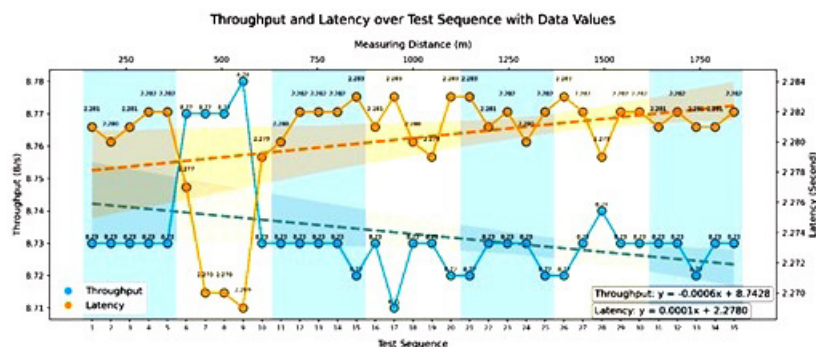
2. Pengujian Di Perairan Pelabuhan

Perhitungan CV pada Tabel 2. menghasilkan nilai throughput rendah 0,18% yang menunjukkan kecepatan pengiriman data yang konsisten. Nilai CV *latency* sebesar 0,16% menunjukkan bahwa sistem memiliki respon komunikasi yang stabil.

Grafik scatter plot pada Gambar 5. menunjukan pengiriman data yang konsisten dan koneksi jaringan yang stabil dengan nilai rata-rata throughput 8,73 B/s dan *latency* 2,28 detik. Grafik juga menunjukkan adanya tren penurunan throughput dan peningkatan *latency* seiring bertambahnya jarak, namun fluktuasi nilai masih dalam batas yang dapat diterima.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai CV Pengujian Di Area Pelabuhan
Table 2. The calculated CV value for port-area testing

Parameter	Mean	Standar Deviasi	Nilai CV
Throughput	8,73 B/s	0,01545	0,18%
Latency	2,28 detik	0,00356	0,16%



Gambar 5. Grafik Nilai Throughput dan Latency Pengujian di Area Pelabuhan
Figure 4. The Graphs of Ground Testing Throughput and Latency Value

BAHASAN

1. Pengujian Darat

Faktor hambatan fisik berupa pepohonan dan kontur jalan yang menurun mengakibatkan hilangnya line of sight antara antena *node* di *transmitter* dan gateway receiver. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian yang menyebutkan bahwa kinerja koneksi jaringan LoRa sangat dipengaruhi oleh hambatan lingkungan seperti bangunan dan pepohonan (Matni et al., 2020; Yousuf et al., 2018). Adanya hambatan terutama dalam kondisi jalur sinyal tidak sepenuhnya terbuka (*Non-Line Of Sight*) dapat menyebabkan pelemahan sinyal hingga kehilangan koneksi pada jarak hanya 100m (Demetri et al., 2019).

2. Pengujian Di Perairan Pelabuhan

Hasil pengujian menunjukkan kecepatan pengiriman pada penggunaan LoRa di darat sedikit lebih tinggi dari penggunaan di perairan laut. Hal ini ditunjukkan dengan data nilai rata-rata *throughput* yang lebih rendah pada pengujian di perairan pelabuhan sebesar 8,73B/s dibanding pengujian di

darat sebesar rata-rata 9,14B/s. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang menyebutkan bahwa kanal komunikasi maritim memiliki karakteristik unik dibandingkan dengan kanal komunikasi terestrial. Faktor-faktor seperti kelengkungan bumi, stabilitas gelombang laut, dan fenomena penguapan dapat memengaruhi transmisi sinyal (Alqurashi et al., 2022).

Meskipun hasil pengujian di wilayah perairan menunjukkan nilai *throughput* yang sedikit lebih rendah, namun dengan kemampuan untuk mentransmisikan data hingga jarak 10,6 km dan bekerja tanpa kehilangan data pada jarak 1,5km, LoRa memiliki potensi besar sebagai sarana komunikasi maritim khususnya pelacakan kapal perikanan kecil yang membutuhkan aplikasi dengan biaya murah (Pinelo et al., 2023; Rodrigues et al., 2025). Perbandingan kemampuan dan konsumsi daya untuk teknologi jaringan menurut (Iqbal et al., 2020) (Andre et al., 2021) pada Tabel 3, Membuktikan bahwa teknologi LoRa adalah pilihan yang efisien dan efektif untuk komunikasi nirkabel dalam aplikasi IoT di lingkungan pelabuhan (Khan et al., 2021; Jabbar et al., 2024).

Tabel 3. Perbandingan Teknologi Komunikasi Nirkabel

Table 3. Comparison of Wireless Communication Technologies

No	Teknologi	Jarak Jangkauan (m)	Max. Rate	Konsumsi Daya	Biaya Operasional
1	Bluetooth	10	2 MB/s	Rendah	Rendah
2	WiFi	1000	54 MB/s	Tinggi	Sedang
3	RFID	100	10 KB/s	Rendah	Sedang
4	Zigbee	100	250 KB/s	Rendah	Rendah
5	LoRa	10000	600 KB/s	Rendah	Rendah

KESIMPULAN

Modul komunikasi LoRa SX1276 yang digunakan dalam perangkat IoT di lingkungan pelabuhan perikanan menunjukkan stabilitas yang baik dalam pengiriman data. Dalam penerapannya memerlukan pertimbangan terhadap faktor hambatan fisik yang dapat mengganggu kualitas sinyal dan stabilitas koneksi antar perangkat. Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi teknis untuk implementasi sistem IoT berbasis LoRa dalam mendukung efektivitas, keselamatan, dan otomatisasi operasional di pelabuhan perikanan. Pengujian di perairan dilakukan pada jarak 1.750m mengikuti luas wilayah Pelabuhan Perikanan Nusantara Karangantu yang menjadi lokasi penelitian.

Keunggulan dalam tingkat efisiensi energi

yang dimiliki oleh teknologi LoRa, menjadikannya pilihan yang efektif dalam pengembangan teknologi IoT dalam konteks pengelolaan dan operasional pelabuhan serta penerapan teknologi yang berkaitan dengan small skill fisheries. Teknologi LoRa dapat diterapkan dalam konsep IoT sebagai media komunikasi dan pengiriman data yang dihasilkan oleh berbagai sensor seperti GPS untuk pemantauan kapal, serta sensor kualitas air dan udara di area pelabuhan.

PERSANTUNAN

Penelitian ini didedikasikan untuk nelayan dan pemilik kapal di Pelabuhan Perikanan Karangantu yang telah menginspirasi dan mendukung dalam pelaksanaan penelitian.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Pendidikan KP – BPSDMKP, atas dukungannya sebagai sponsor dalam program pendidikan pegawai di Kementerian Kelautan dan Perikanan. Penghargaan tertinggi diberikan kepada Politeknik Ahli Usaha Perikanan Jakarta, atas fasilitas akademik dan dukungan selama proses pembelajaran serta pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andre, H., Sugara, B. A., Baharuddin, B., Fernandez, R., & Pratama, R. W. (2021). Analisis Komunikasi Data Jaringan Nirkabel Berdaya Rendah Menggunakan Teknologi Long Range (LoRa) di Daerah Hijau Universitas Andalas. *Jurnal Eco-tipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.33019/jurnalecotipe.v9i1.2480>
- Direktorat Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2019). Peraturan Direktur Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika Nomor 3 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Alat dan/atau Perangkat Telekomunikasi Low Power Wide Area.
- Iqbal, M., Abdullah, A. Y. M., & Shabnam, F. (2020). An Application Based Comparative Study of LPWAN Technologies for IoT Environment. 2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), 1857–1860. <https://doi.org/10.1109/TENSYP50017.2020.9230597>
- Alqurashi, F. S., Trichili, A., Saeed, N., Ooi, B. S., & Alouini, M.-S. (2022). Maritime Communications: A Survey on Enabling Technologies, Opportunities, and Challenges (arXiv:2204.12824). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.12824>
- Androutsopoulou, A., Karacapilidis, N., Loukis, E., & Charalabidis, Y. (2019). Transforming the communication between citizens and government through AI-guided chatbots. *Government Information Quarterly*, 36(2), 358–367. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2018.10.001>
- Bjerkan, K. Y., & Seter, H. (2019). Reviewing tools and technologies for sustainable ports: Does research enable decision making in ports? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72, 243–260. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.05.003>
- Criado, J. I., & Gil-Garcia, J. R. (2019). Creating public value through smart technologies and strategies: From digital services to artificial intelligence and beyond. *International Journal of Public Sector Management*, 32(5), 438–450. <https://doi.org/10.1108/IJPSM-07-2019-0178>
- Helman, E., & Xie, S. Y. (2021). Doing Better Data Visualization. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 4(4), 25152459211045334. <https://doi.org/10.1177/25152459211045334>
- Jalilibal, Z., Amiri, A., Castagliola, P., & Khoo, M. B. C. (2021). Monitoring the coefficient of variation: A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 161, 107600. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107600>
- Khan, F. U., Awais, M., Rasheed, M. B., Masood, B., & Ghadi, Y. (2021). A Comparison of Wireless Standards in IoT for Indoor Localization Using LoPy. *IEEE Access*, 9, 65925–65933. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3076371>
- Liu, D., Rong, H., & Guedes Soares, C. (2023). Shipping route modelling of AIS maritime traffic data at the approach to ports. *Ocean Engineering*, 289, 115868. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115868>
- Matni, N., Moraes, J., Oliveira, H., Rosário, D., & Cerqueira, E. (2020). LoRaWAN Gateway Placement Model for Dynamic Internet of Things Scenarios. *Sensors*, 20(15), 4336. <https://doi.org/10.3390/s20154336>
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.12.005>
- Orofino, S., McDonald, G., Mayorga, J., Costello, C., & Bradley, D. (2023). Opportunities and challenges for improving fisheries management through greater transparency in vessel tracking. *ICES Journal of Marine Science*, 80(4), 675–689. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad008>
- Pensieri, S., Viti, F., Moser, G., Serpico, S. B., Maggilo, L., Pastorino, M., Solarna, D., Cambiaso, A., Carraro, C., Degano, C., Mainenti, I., Seghezza, S., & Bozzano, R. (2021). Evaluating LoRaWAN Connectivity in a Marine Scenario. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(11), 1218. <https://doi.org/10.3390/jmse9111218>
- Pinelo, J., Rocha, A. D., Arvana, M., Gonçalves, J., Cota, N., & Silva, P. (2023). Unveiling LoRa's Oceanic Reach: Assessing the Coverage of the Azores LoRaWAN Network from an Island. *Sensors*, 23(17), 7394. <https://doi.org/10.3390/s23177394>
- Rodrigues, M., Dos Santos, A., Lima, H., Nogueira, W., & De Lucena Junior, V. (2025). Track-

- ing Boats on Amazon Rivers—A Case Study with the LoRa/LoRaWAN. *Sensors*, 25(2), 496. <https://doi.org/10.3390/s25020496>
- Sanchez-Iborra, R., Sanchez-Gomez, J., Ball-esta-Viñas, J., Cano, M.-D., & Skarmeta, A. F. (2018). Performance Evaluation of LoRa Considering Scenario Conditions. *Sensors*, 18(3), 772. <https://doi.org/10.3390/s18030772>
- Saputra, D., Gaol, F. L., Abdurachman, E., Senses, D. I., & Matsuo, T. (2023). Architectural Model and Modified Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) for Boat Traffic Monitoring and Transport Detection Systems in Shallow Waters. *Emerging Science Journal*, 7(4), 1188–1205. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2023-07-04-011>
- Tasseti, A. N., Galdelli, A., Pulcinella, J., Mancini, A., & Bolognini, L. (2022). Addressing Gaps in Small-Scale Fisheries: A Low-Cost Tracking System. *Sensors*, 22(3), 839. <https://doi.org/10.3390/s22030839>
- Yau, K.-L. A., Peng, S., Qadir, J., Low, Y.-C., & Ling, M. H. (2020). Towards Smart Port Infrastructures: Enhancing Port Activities Using Information and Communications Technology. *IEEE Access*, 8, 83387–83404. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2990961>
- Yousuf, A. M., Rochester, E. M., Ousat, B., & Ghaderi, M. (2018). Throughput, Coverage and Scalability of LoRa LPWAN for Internet of Things. 2018 IEEE/ACM 26th International Symposium on Quality of Service (IWQoS), 1–10. <https://doi.org/10.1109/IWQoS.2018.8624157>