



IMPLEMENTASI SISTEM STREAMING SEBAGAI UPAYA PEMANTAUAN DAN PENUNJANG KESELAMATAN PROSES SANDAR KAPAL PADA PELABUHAN PINTAR

Aditya Firmansyach^{1*}, Henna Nurdiansari², Wulan Marlia Sandi³

^{1*,2,3} Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Alamat : Gunung Anyar Boulevard No. 1, Gunung Anyar, Kota Surabaya

*Corresponding author : adityaaafirman@gmail.com

Abstract This study aims to implement a real-time streaming system as a monitoring tool during the ship berthing process at a smart port, analyze the effectiveness of the streaming system in improving the monitoring and safety of the ship berthing process at a smart port, and explain how the components work in real-time to support the ship berthing process at a smart port. The ship berthing process is a crucial stage in port operations that requires real-time monitoring to ensure safety and efficiency. The developed system uses a Raspberry Pi as the main controller integrated with a V2 camera module, a proximity sensor, a WiFi hotspot module, and an Internet of Things (IoT)-based power monitoring system. Visual data in the form of streaming video and sensor data are sent in real-time to the monitoring application to assist port operators in monitoring the distance of ships to the dock. The research method used is Research and Development (R&D) which includes the design, assembly, testing, and evaluation stages of the system. Test results show that the system performs well in displaying real-time video streaming with an average streaming delay of 1.54%, accurately detecting vessel distances with an average of 0.81%, and providing relevant supporting information to improve the safety of ship berthing processes. Therefore, this system has the potential to be a supporting solution in the development of a safe and efficient smart port concept

Keywords: Internet of Things (IoT), Smart Port, Raspberry Pi, Streaming System

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem streaming secara *real-time* sebagai alat pemantauan saat proses sandar kapal pada pelabuhan pintar, menganalisis efektivitas sistem streaming dalam meningkatkan pemantauan dan keselamatan proses sandar kapal pada pelabuhan pintar, dan menjelaskan cara kerja komponen secara *real-time* dalam mendukung proses sandar kapal pada pelabuhan pintar. Proses sandar kapal merupakan tahap krusial dalam operasional pelabuhan yang memerlukan pengawasan *real-time* untuk menjamin keselamatan dan efisiensi. Sistem yang dikembangkan menggunakan Raspberry Pi sebagai pengendali utama yang terintegrasi dengan kamera modul V2, sensor jarak, modul WiFi hospot, serta sistem monitoring daya berbasis *Internet of Things* (IoT). Data visual berupa video streaming dan data sensor dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi monitoring untuk membantu operator pelabuhan dalam mengawasi jarak kapal terhadap dermaga. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) yang meliputi tahap perancangan, perakitan, pengujian, dan evaluasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dalam menampilkan video streaming secara *real-time* dengan rata-rata *delay* streaming 1,54%, mendeteksi jarak kapal secara akurat dengan rata-rata 0,81%, serta memberikan informasi pendukung yang relevan untuk meningkatkan keselamatan proses sandar kapal. Dengan demikian, sistem ini berpotensi menjadi solusi pendukung dalam pengembangan konsep pelabuhan pintar yang aman dan efisien

Kata Kunci: *Internet of Things* (IoT), Pelabuhan Pintar, Raspberry Pi, Sistem Streaming

Received: Maret 3, 2026; Revised: Maret 9, 2026; Accepted: Maret 14, 2026; **Online Available:** Maret 30, 2026; **Published:** Maret 30, 2026

*Aditya Firmansyach, adityaaafirman@gmail.com

1. LATAR BELAKANG

Proses sandar kapal merupakan tahapan krusial dalam operasional pelabuhan karena melibatkan interaksi antara kapal, pelabuhan, serta faktor lingkungan seperti arus, angin, dan visibilitas. Kesalahan dalam proses sandar dapat mengakibatkan kerusakan infrastruktur, gangguan operasional, hingga risiko keselamatan kru. Seiring berkembangnya konsep pelabuhan pintar (*smart port*), kebutuhan akan sistem pemantauan yang akurat dan *real-time* menjadi semakin penting. Namun, pengawasan konvensional yang masih mengandalkan komunikasi radio dan observasi visual manual dinilai belum mampu memberikan informasi yang cepat, menyeluruh, dan terintegrasi.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang penerapan sistem monitoring berbasis jaringan yang mampu mengintegrasikan data sensor dan visual secara simultan (Ratnawati, Subandir, & dkk, 2023). Salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam implementasi *Internet of Things* (IoT) adalah Raspberry Pi, yaitu komputer papan tunggal berbiaya rendah dan hemat daya yang mampu berfungsi sebagai pusat pengendali sistem (Abiraihan, Marta, & dkk, 2024). Raspberry Pi memiliki potensi besar dalam berbagai aplikasi IoT karena sifatnya yang portabel, fleksibel, dan mendukung konektivitas jaringan secara luas (M, Hosny, Magdi, Salah, El-Komy, & a. Lashin, 2023). Hal ini menjadikannya ideal sebagai pusat pemrosesan data pada sistem streaming dan monitoring berbasis web.

Implementasi IoT dalam sistem pemantauan kapal juga telah dibuktikan efektif dalam penelitian (Riananda, Jami'in, Setiyoko, Wibowo, & Leonard, 2024). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT mampu memantau parameter seperti posisi, kemiringan, dan kondisi lingkungan secara *real-time* melalui aplikasi web, sehingga meningkatkan efektivitas inspeksi dan evaluasi operasional kapal. Temuan ini memperkuat urgensi penerapan sistem streaming video yang terintegrasi dengan sensor jarak sebagai pendukung keselamatan dalam proses sandar kapal.

Berdasarkan paparan tersebut, penelitian ini mengusulkan implementasi sistem streaming berbasis Raspberry Pi yang diintegrasikan dengan kamera web dan sensor jarak melalui jaringan WiFi. Sistem ini dirancang untuk mendukung pemantauan visual secara langsung serta mendeteksi potensi bahaya secara otomatis dalam proses sandar kapal. Dengan integrasi teknologi IoT, data visual dan data sensor dapat diakses secara *real-*

time oleh operator, sehingga meningkatkan responsivitas dan akurasi pengambilan keputusan.

Dengan demikian, tujuan dari kajian artikel ini untuk mengimplementasikan dan menganalisis sistem streaming berbasis Raspberry Pi dan *Internet of Things* (IoT) sebagai upaya peningkatan pemantauan serta penunjang keselamatan proses sandar kapal pada pelabuhan pintar, sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem monitoring maritim yang lebih modern, efektif, dan adaptif.

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem streaming dan monitoring merupakan teknologi yang digunakan untuk mengirim dan memantau data secara langsung sehingga pengguna dapat memperoleh informasi secara *real-time*. Dalam konteks maritim, sistem ini berperan penting untuk memantau pergerakan kapal selama proses sandar dan membantu meningkatkan keselamatan operasional pelabuhan (Bian, et al., 2022).

Pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat memanfaatkan Raspberry Pi 4 sebagai pusat pengendali yang mampu mengolah data dari sensor dan kamera serta mengirimkannya melalui jaringan internet (Reddy, P. Sabarish, S. Sonu, P. Sabarish, & Krishnan, 2020). Dalam sistem ini, sensor jarak digunakan untuk mengukur kedekatan kapal dengan dermaga secara otomatis sehingga dapat memberikan peringatan dini apabila jarak kapal berpotensi menimbulkan risiko (Fauzan & Zuhrie, 2024).

Selain itu, kamera web berfungsi sebagai media pemantauan visual yang menampilkan kondisi area sandar secara *real-time*, sedangkan modul WiFi digunakan untuk mengirimkan data streaming dan sensor secara nirkabel ke aplikasi pemantauan (Sharma & Kanwal, 2024). Sebagai pendukung data lingkungan, monitoring turbin angin digunakan untuk memantau kecepatan angin dan kondisi operasional yang dapat mempengaruhi keselamatan proses sandar kapal (Fandhy, Krismanto, & Mujianto, 2024). Integrasi seluruh komponen tersebut memungkinkan sistem pemantauan pelabuhan pintar berjalan lebih efektif, aman, dan efisien.tanya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk mengembangkan dan menguji keberhasilan suatu produk (Judijanto L, Muhammadiyah, Utami, Suhirman, & Laka, 2024). Pengembangan dan pengujian produk dikaji pada sistem streaming berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai penunjang keselamatan proses sandar kapal. Metode ini bertujuan untuk menghasilkan suatu produk serta menguji efektivitasnya sebelum diterapkan secara lebih luas. Tahapan penelitian dibatasi hingga tahap kelima, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, pembuatan prototype, uji coba awal, dan revisi produk (Judijanto L, Muhammadiyah, Utami, Suhirman, & Laka, 2024). Sistem yang dikembangkan menggunakan Raspberry Pi 4 sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan sensor jarak, Raspberry Pi Camera Module V2, dan modul WiFi untuk mengirimkan data visual dan numerik secara *real-time*.

Pengujian sistem dilakukan melalui dua tahapan, yaitu uji statis dan uji dinamis. Uji statis untuk memastikan fungsi dan integrasi tiap komponen berjalan optimal, sedangkan uji dinamis untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam simulasi kondisi nyata, termasuk kestabilan streaming dan akurasi pembacaan sensor.

Penelitian dilaksanakan di Politeknik Pelayaran Surabaya pada semester VII, meliputi tahap perancangan hingga revisi awal produk. Melalui metode ini, diharapkan sistem streaming berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan dapat berfungsi secara optimal serta layak untuk dikembangkan lebih lanjut dalam mendukung keselamatan proses sandar kapal pada pelabuhan pintar.kalimat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menghasilkan sistem streaming berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan proses sandar kapal secara *real-time*. Sistem menggunakan Raspberry Pi 4 yang terintegrasi dengan Raspberry Pi Camera Module V2, sensor jarak VL53L0X, modul WiFi, dan monitoring turbin angin.

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menampilkan video streaming dan data jarak kapal secara langsung melalui aplikasi *Internet of Things* (IoT) Raspberry yang terhubung dengan CCTV. Secara keseluruhan, sistem bekerja stabil dan mendukung

peningkatan pemantauan serta keselamatan proses sandar kapal. Hasil penelitian dapat diketahui dengan pengujian statis dan dinamis.

Hasil pengujian statis dapat diukur dari setiap komponen yang diujikan. Pengujian menunjukkan Raspberry Pi 4 berfungsi optimal sebagai pusat kendali sistem. Raspberry Pi Camera Module V2 mampu menampilkan video streaming *real-time* secara stabil melalui aplikasi IoT Raspberry yang terintegrasi CCTV untuk memantau posisi dan pergerakan kapal. Sensor jarak VL53L0X memiliki akurasi tinggi dengan error maksimum 0,81%, sehingga efektif sebagai peringatan dini. Modul WiFi juga mampu mengirimkan data video dan sensor secara stabil (± 50 Mbps). Secara keseluruhan, sistem bekerja baik dan mendukung pemantauan sandar kapal secara *real-time* dan akurat.

Pada pengujian dinamis dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem streaming berbasis IoT mampu bekerja secara *real-time*, stabil, dan responsif saat digunakan dalam proses pemantauan sandar kapal. Pengujian dinamis dapat dilihat pada hasil pengujian dan pengukuran alat sistem streaming pada tabel berikut.

Tabel 1 Pengujian dan Pengukuran Alat Sistem Streaming

1.	Komponen yang diuji	Raspberry Pi
	parameter yang diukur	Kinerja sistem dan konektivitas
	Alat ukur atau metode	Observasi sistem dan uji jaringan
	Hasil yang diharapkan	Sistem berjalan stabil dan terhubung ke internet
	Hasil pengujian	Sistem berjalan stabil dan terkoneksi
	Waktu pengujian	± 10 menit
	Keterangan	Berfungsi dengan baik
2.	Komponen yang diuji	Kamera Web
	parameter yang diukur	Kualitas <i>video streaming</i>
	Alat ukur atau metode	Pengamatan visual melalui Cctv pada aplikasi IoT Raspberry
	Hasil yang diharapkan	Video tampil jelas dan <i>real-time</i>
	Hasil pengujian	Video tampil jelas tanpa gangguan
	Waktu pengujian	± 5 menit
3.	Komponen yang diuji	Sensor Jarak
	parameter yang diukur	Jarak kapal ke pelabuhan
	Alat ukur atau metode	Pembacaan sensor melalui sistem
	Hasil yang diharapkan	Data jarak terbaca akurat 100 cm
	Hasil pengujian	Data jarak terbaca dan terkirim 99,8cm
	Waktu pengujian	± 5 menit
	Keterangan	Akurat

4.	Komponen yang diuji	Modul WiFi
	parameter yang diukur	Transmisi data
	Alat ukur atau metode	Uji kirim data dan server
	Hasil yang diharapkan	Data terkirim tanpa delay
	Hasil pengujian	Data terkirim dengan baik dengan kecepatan 50Mbps
	Waktu pengujian	± 10 menit
	Keterangan	Berhasil
5.	Komponen yang diuji	Aplikasi IoT Raspberry
	parameter yang diukur	Tampilan data dan video
	Alat ukur atau metode	Pengamatan antarmuka aplikasi
	Hasil yang diharapkan	Data sensor dan video tampil secara <i>real-time</i>
	Hasil pengujian	Data dan video tampil sesuai pembacaan
	Waktu pengujian	± 10 menit
	Keterangan	Berfungsi baik
6.	Komponen yang diuji	Sistem keseluruhan
	parameter yang diukur	Integrasi seluruh komponen
	Alat ukur atau metode	Uji sistem terpadu
	Hasil yang diharapkan	Semua komponen bekerja sinkron
	Hasil pengujian	Sistem bejalan terpadu
	Waktu pengujian	± 15 menit
	Keterangan	Layak digunakan

Berdasarkan hasil pengujian, aplikasi IoT Raspberry mampu menampilkan data sensor dan video streaming secara *real-time* dengan integrasi yang baik antara kamera, sensor jarak, dan modul WiFi melalui Raspberry Pi. Sistem ini efektif mendukung pemantauan dan keselamatan proses sandar kapal pada pelabuhan pintar. Selain itu, hasil pengujian juga dapat diperoleh data, yaitu pada pengujian delay streaming pada sistem. Data pengujian dapat di deskripsikan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2 Data Pengujian Aplikasi Streaming IoT Raspberry

1.	Kondisi Pengujian	Jaringan Stabil
	Waktu Aktual (Detik)	0
	Waktu Tampil di Aplikasi (Detik)	1,2
	Delay	1,2
	Keterangan	Baik
2.	Kondisi Pengujian	Jaringan Stabil
	Waktu Aktual (Detik)	0
	Waktu Tampil di Aplikasi (Detik)	1,4
	Delay	1,4
	Keterangan	Baik

3.	Kondisi Pengujian	Jaringan Stabil
	Waktu Aktual (Detik)	0
	Waktu Tampil di Aplikasi (Detik)	1,3
	Delay	1,3
	Keterangan	Baik
4.	Kondisi Pengujian	Jaringan Sedang
	Waktu Aktual (Detik)	0
	Waktu Tampil di Aplikasi (Detik)	1,8
	Delay	1,8
	Keterangan	Cukup Baik
5.	Kondisi Pengujian	Jaringan Sedang
	Waktu Aktual (Detik)	0
	Waktu Tampil di Aplikasi (Detik)	1,8
	Delay	1,8
	Keterangan	Cukup Baik

Berdasarkan hasil pengujian, aplikasi streaming IoT Raspberry memiliki rata-rata *delay* sekitar $\pm 1,54$ detik yang masih dapat diterima untuk pemantauan sandar kapal secara real-time. Meskipun *delay* meningkat saat jaringan kurang stabil, sistem tetap mampu menampilkan video secara kontinu sehingga tetap mendukung pemantauan dan keselamatan operasional pelabuhan pintar.

PEMBAHASAN

Implementasi sistem streaming pada proses sandar kapal di pelabuhan pintar memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan kamera, sensor, dan perangkat pemroses data dalam satu sistem. Kamera yang dipasang di area sandar menangkap kondisi visual secara *real-time*, kemudian diproses oleh Raspberry Pi sebagai pengendali utama dan dikirim melalui jaringan WiFi hotspot ke aplikasi IoT Raspberry. Sistem ini memungkinkan operator memantau kondisi kapal secara langsung melalui CCTV pada aplikasi serta melalui *live streaming*.

Sistem streaming ini meningkatkan efektivitas pemantauan dan keselamatan proses sandar kapal karena operator dapat mengamati posisi dan pergerakan kapal secara langsung. Informasi visual tersebut didukung oleh data sensor jarak dan kondisi lingkungan yang berfungsi sebagai indikator keselamatan. Apabila terdeteksi potensi bahaya, operator dapat segera mengambil tindakan preventif.

Seluruh komponen sistem bekerja secara *real-time*, di mana kamera dan sensor mengirimkan data yang diproses oleh Raspberry Pi dan ditampilkan pada aplikasi pemantauan dalam bentuk *video streaming* dan data numerik. Dengan demikian, sistem

streaming berbasis IoT ini mampu mendukung proses sandar kapal yang lebih aman, terkontrol, dan efisien pada pelabuhan pintar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa sistem streaming berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil diterapkan sebagai sarana pemantauan proses sandar kapal pada pelabuhan pintar. Sistem ini mengintegrasikan Raspberry Pi sebagai pengendali utama dengan kamera, sensor jarak, dan monitoring turbin angin yang bekerja secara *real-time*.

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu meningkatkan pemantauan dan keselamatan sandar kapal melalui tampilan video dan data sensor secara langsung dengan rata-rata *delay* sekitar $\pm 1,54$ detik serta akurasi sensor jarak sekitar $\pm 1-2$ cm. Secara keseluruhan, sistem bekerja kontinu dan responsif sehingga mendukung efisiensi, keselamatan, dan konsep digitalisasi operasional pada pelabuhan pintar datang.

DAFTAR REFERENSI

- Abiraihan, M., Marta, R., & dkk. (2024). Designing a Desktop Application for Ship Monitoring and AIS Data Storage Based on RTL-SDR and Raspberry Pi Using Python and PyQ. *Journal Of Hypermedia & Technology - Enhanced Learning*, 2(2), 103. doi:<https://doi.org/10.58536/j-hytel.v2i2.118>
- Barros, A., Chanda, M., Barman, S., Sultana, T., Roy, S., & Fidge, C. (2022, November 28). A Review of Emerging Technologies for IoT-Based Smart Cities. *Journal Sensors*, 22(23). doi:<https://doi.org/10.3390/s22239271>
- Bian, J., Arafat, A. A., Xiong, H., Li, J., Li Li, Chen, H., . . . Guo, Z. (2022, March). Machine Learning in Real-Time Internet of Things (IoT) Systems: A Survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(11). doi:10.1109/JIOT.2022.3161050
- Dwiyanto, M., & Bakarbesy, M. (2015). Rancangan Bangun Robot Beroda Pemadam Api Menggunakan Arduino Uno Rev1.3. *Journal Article: Electro Lucuet*. doi:10.32531/jelekn.v1i1.16
- Fandhy, K., Krismanto, A. U., & Mujianto, W. P. (2024). Rancang Bangun Remote Monitoring Wind Turbine Pada PLTB Skala Mikro. *Magnetika*, 8(01), 441.
- Farhan, F., Patiran, A., Lesnussa, H., Beni, A. R., Sarungallo, P., & Rumengan, Y. (2023, 31 July). Design a prototype of a marine wave power plant (PLTGL) using a recoil starter. *JIMESE Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable*, 1(1).
- Fauzan, R. N., & Zuhrie, M. (2024). Sistem Navigasi Autonomous Pada Prototipe Kapal dengan. *JINACS (Journal of Informatics and Computer Science)*, 05(04).

- Hercog , D., Lerhe, T., & et al. (2023, July). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Journal Sensors*, 23(15), 1-20. doi:[https://doi.org/ 10.3390/s23156739](https://doi.org/10.3390/s23156739)
- Judijanto L, Muhammadiyah, M., Utami, R., Suhirman, L., & Laka. (2024). *Metodologi Research And Development (Teori dan Penerapan Metodologi RnD)*. Kota Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Kumar , S., & et al. (2021). IoT Based Gas Leakage Detection and Alerting System. *Materials Today: Proceedings*, 4(6), 5602-2608. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.445>
- M, Hosny, K., Magdi, A., Salah, A., El-Komy, O., & a. Lashin, N. (2023). Internet Of Things Applications Using Raspberry PI: A Survey. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 13(1), 903.
- Park, J., Kim, C., Dinh, M.-C., & Park, M. (2022, January 10). Design of a Condition Monitoring System for Wind Turbines. *Energies*, 15(2). doi:<https://doi.org/10.3390/en15020464>
- Pressman, R., & Maxim, B. (2021). *Software Engineering: A Practitioner's Approach, 9th Edition*. McGraw-Hill Education.
- Radhan, S., & et al. (2021). Design And Development of an IoT-based Automatic Gas Safety Valve. *Materials Today : Prodeedings*, 4(6), 5615-5620. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.447>
- Ramadhan, A. Z., Herlambang , S. M., & Purwanto , S. (2024, Mei). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pengisian otomatis Water Level Coolant Radiator Generator Kapal Berbasis IoT. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika*, 2(3), 162-179. doi:[https://doi.org/ 10.61132/jupiter.v2i3.325](https://doi.org/10.61132/jupiter.v2i3.325)
- Raspberry Pi, F. (2023). *Raspberry Pi 5*. Retrieved from <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-5/>
- Ratnawati , F., Subandir , M., & dkk. (2023). Sistem Monitoring Keselamatan Kapal Nelayan. *Jurnal Inovtek Polbeng - Seri Informatika*, 8(2), 465.
- Reddy, K. K., P. Sabarish, S. Sonu, P. Sabarish, & Krishnan, S. (2020). Live Video Streaming with Audio Using Raspberry Pi in IoT Devices. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(5).
- Riananda , D., Jami'in, M., Setiyoko, a., Wibowo , A., & Leonard, R. (2024, December). Implementasi Sistem PemantauanKelayakan Kapal Pada Proses Pengujian KapalMenggunakan Teknologi Internet of Things. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 13(6).
- Sharma, H., & Kanwal, N. (2024). SMART SURVEILLANCE USING IOT: A REVIEW. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2024(1), 116. doi:10.32620/reks.2024.1.10