p-ISSN: 2502-1621
e-ISSN: 2656-1611

Jurnal 7 Samudra
Politeknik Pelayaran Surabaya
Vol. 11, No. 2, 14 November 2026
Hal: 90–95

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Titik Api dan Pelacakan Posisi Kapal Ikan Saat Darurat Kebakaran Berbasis IoT dan LoRa

Ahmad Arief Dwi Cahya Lumintang[1], Edy Prasetyo Hidayat[1], Rini Indarti[1]
Program Studi D4 Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya[1]
Email korespondensi: arief.lumintang@gmail.com

ABSTRAK

Kebakaran di kapal ikan kecil sulit ditangani karena informasi titik api dan posisi kapal terlambat diterima, sehingga pertolongan tertunda. Penelitian ini merancang sistem pemantauan titik api dan pelacakan posisi kapal ikan saat darurat kebakaran berbasis IoT dan LoRa. Pada sisi kapal, tiga sensor asap MQ-2 dan tiga sensor api KY-026 dipasang di ruang kemudi, kamar mesin, dan ruang crew, sedangkan modul GPS NEO-M8N membaca koordinat kapal. Arduino Mega 2560 mengemas seluruh data dalam satu paket, dan modul LoRa RFM95 915 MHz mengirimkannya ke ground station, tempat aplikasi C# menampilkan status tiap ruangan dan koordinat kapal. Tombol darurat disediakan untuk mengirim sinyal SOS.

Pengujian lapangan pada 18 titik jarak dengan 10 paket per titik menunjukkan 161 dari 180 paket (89,4%) diterima utuh. Seluruh paket diterima hingga jarak terukur 412,07 m dan 96,9% hingga 547,62 m, sedangkan pada 567,42 m dan 575,04 m keberhasilan turun menjadi 20% dan 40%. Paket rusak di tepi jangkauan sempat menampilkan status kebakaran palsu karena paket tidak memiliki checksum. Waktu pengiriman 420–630 ms, galat posisi GPS sekitar 5 m pada uji lapangan, dan waktu perolehan koordinat awal berkisar 9 detik hingga 3 menit 25 detik (satu kali 33 menit 45 detik). Sistem layak untuk area pelabuhan dan perairan dekat pantai, dengan perbaikan pada validasi paket dan jangkauan komunikasi.

Kata kunci: *Pemantauan Titik Api; Pelacakan Posisi Kapal; Kebakaran Kapal Ikan; IoT; LoRa*

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dan sebagian besar penduduk pesisirnya bermata pencaharian sebagai nelayan. Bagi nelayan, kapal adalah sarana utama untuk mencari ikan dan berpindah antarpulau, sehingga aspek keselamatan di kapal harus diperhatikan. Kebakaran adalah salah satu ancaman yang dapat menimbulkan kerugian materi dan membahayakan jiwa awak kapal.

Pada kapal ikan kecil, kebakaran di tengah laut sulit ditangani karena fasilitas deteksi dan komunikasinya terbatas. Informasi bahwa kapal terbakar dan di mana kapal itu berada terlambat diterima, sehingga pertolongan tidak segera datang. Dua kebutuhan perlu dipenuhi bersamaan: mengetahui ruangan mana yang terbakar (titik api), dan mengetahui posisi kapal agar regu penolong dapat menuju lokasi.

Penelitian terdahulu menangani kedua kebutuhan itu secara terpisah. Hidayat (2018) merancang pemantauan posisi kapal nelayan 10–30 GT dengan komunikasi LoRa dan mikrokontroler Arduino, sedangkan Mudjiono dan Subekti (2017) merancang detektor titik api kapal yang mengirim

informasi lewat Wi-Fi ke telepon pintar. Jangkauan Wi-Fi terbatas dan sistem tersebut tidak membawa informasi posisi. Dalam rujukan yang ditelaah penulis, sistem yang memuat status api per ruangan dan koordinat kapal dalam satu paket LoRa, beserta evaluasi kuantitatif keberhasilan pengirimannya terhadap jarak, masih jarang dijumpai.

Penelitian ini merancang dan menguji sistem pemantauan titik api dan pelacakan posisi kapal ikan saat darurat kebakaran berbasis IoT dan LoRa. Kontribusinya adalah (1) arsitektur dan format paket data yang menggabungkan status tiga ruangan dengan koordinat GPS, (2) evaluasi keberhasilan pengiriman pada 18 titik jarak dengan 180 paket data, dan (3) pengukuran galat posisi dan waktu perolehan koordinat GPS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemantauan Titik Api

Titik api dalam penelitian ini dipantau lewat dua gejala, yaitu asap dan nyala api. Sensor asap MQ-2 adalah sensor gas yang hambatannya berubah bila ada gas atau asap, dengan keluaran analog yang dibaca pin analog mikrokontroler (Mauludin et al., n.d.; Sidabutar, 2019). Sensor api KY-026 mendeteksi radiasi inframerah pada panjang gelombang 760–1.100 nm dan memiliki keluaran analog serta digital. Konsentrasi asap dalam ruangan dibandingkan dengan batas 1.000 ppm yang ditetapkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 1077/2011.

2.2 Pelacakan Posisi dengan GPS

GPS menentukan lokasi di bumi dari sinyal satelit. Modul u-blox NEO-M8N mengirim lintang dan bujur ke mikrokontroler lewat antarmuka serial. Dua parameter menentukan kelayakannya untuk pelacakan darurat, yaitu galat posisi dan *time to first fix* (TTFF), yakni waktu sejak modul menyala hingga koordinat pertama valid.

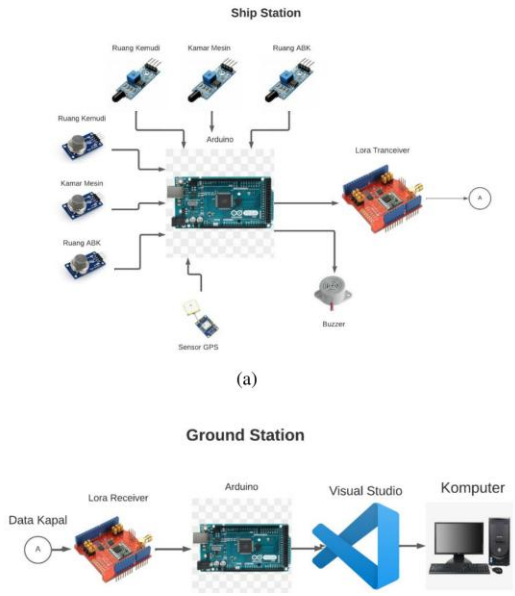
2.3 Komunikasi LoRa

LoRa (*Long Range*) adalah teknologi komunikasi nirkabel berdaya rendah dengan modulasi *spread spectrum* yang dikembangkan Cycleo dan kemudian diakuisisi Semtech. Jangkauannya jauh dengan konsekuensi laju data rendah, sehingga cocok untuk aplikasi yang tidak sensitif terhadap tundaan. Modul RFM95 memakai chip SX1276 pada 915 MHz. LoRa telah diterapkan untuk akuisisi data sensor (Wisduanto et al., 2019) dan untuk pemantauan kapal nelayan (Hidayat, 2018).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Arsitektur Sistem

Sistem terdiri atas dua bagian (Gambar 1). Pada sisi kapal, tiga sensor MQ-2 dan tiga sensor KY-026 dipasang di ruang kemudi, kamar mesin, dan ruang *crew*. Modul GPS NEO-M8N, tombol darurat (*push button*), dan *buzzer* terhubung ke Arduino Mega 2560, yang mengirim data lewat modul LoRa RFM95 915 MHz. Pada *ground station*, modul LoRa penerima dan Arduino Mega 2560 meneruskan data ke komputer, dan aplikasi yang dibuat dengan Visual Studio berbahasa C# menampilkan nilai asap, nilai api, status, dan koordinat tiap ruangan. Prototipe dibuat pada miniatur tiga ruangan kapal.



Gambar 1. Arsitektur sistem: (a) sisi kapal, (b) ground station

3.2 Logika Pemantauan dan Status Darurat

Arduino membaca sensor setiap siklus dan menentukan status tiap ruangan. Berdasarkan program yang digunakan, ruangan berstatus kebakaran bila konsentrasi asap melebihi 1.000 ppm, nilai sensor api melebihi 65%, atau tombol darurat ditekan. Status kembali normal bila asap di bawah 1.000 ppm dan nilai api di bawah 50%. *Buzzer* menyala bila salah satu ruangan berstatus kebakaran atau tombol darurat ditekan. Setiap siklus, Arduino mengirim satu paket berisi seluruh data, termasuk koordinat terakhir kapal, sehingga *ground station* selalu menerima posisi bersama status ruangan.

Konsentrasi asap dihitung dari tegangan keluaran MQ-2 dengan Persamaan (1) dan (2), dengan V_c = 5 V, R_L = 10 kΩ, dan R_o hasil kalibrasi tiap sensor. Nilai sensor api dinormalkan menjadi persentase dengan Persamaan (3).

$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{out}} - R_L \qquad (1)$$

$$ppm = 100 \times \left(\frac{R_s}{R_o}\right)^{-1,53} \qquad (2)$$

$$Api\ (\%) = \frac{(1000 - ADC) \times 100}{600} \qquad (3)$$

3.3 Format Paket Data

Paket dikirim sebagai teks ASCII yang diawali tanda bintang dan diakhiri tanda pagar, dengan 12 bidang yang dipisahkan koma (Tabel 1). Penerima memisahkan bidang berdasarkan tanda koma dan meneruskannya ke komputer. Paket tidak memuat *checksum*.

Tabel 1. Susunan paket data

Bidang	Isi	Satuan
1–3	Asap, api, status ruang kemudi	ppm, %, 0/1
4–6	Asap, api, status kamar mesin	ppm, %, 0/1
7–9	Asap, api, status ruang crew	ppm, %, 0/1
10–11	Koordinat GPS (bujur, lintang)	derajat
12	Tombol darurat	0/1

3.4 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan pada tiga tahap. Tahap pertama adalah uji awal komponen di Surabaya: 10 pembacaan koordinat GPS dibandingkan dengan Google Maps pada telepon pintar, 10 pengukuran waktu perolehan koordinat, dan lima pengiriman LoRa pada jarak 50–240 m. Tahap kedua adalah uji lapangan 1 pada 12 Juli 2022 di Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan, dengan memperjauh jarak pengirim dari penerima secara bertahap dan mengirim satu paket pada tiap jarak. Tahap ketiga adalah uji lapangan 2 di Kecamatan Tegalsiwalan, Kabupaten Probolinggo, dengan 18 titik jarak nominal 40–490 m dan 10 paket pada tiap titik. Jarak terukur diperoleh dari Google Maps berdasarkan koordinat GPS pengirim dan lokasi penerima.

Keberhasilan pengiriman dihitung dengan Persamaan (4). Galat posisi GPS terhadap koordinat acuan dihitung dengan Persamaan (5), dengan R = 6.371 km, Δφ dan Δλ selisih lintang dan bujur dalam radian, dan φ lintang lokasi.

$$SR = \frac{n_{diterima}}{n_{total}} \times 100\% \qquad (4)$$

$$\Delta d = R \times \sqrt{\Delta\varphi^2 + (\Delta\lambda \cos\varphi)^2} \qquad (5)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemantauan Titik Api

Pada uji awal, MQ-2 membaca 285–288 ppm pada udara normal (acuan 300 ppm; galat rata-rata 4,6%) dan 974–1.125 ppm pada uji asap dengan acuan 1.000 ppm. Sensor api mendeteksi bara rokok hingga jarak 12 cm (4%) dan tidak lagi pada 15 cm, sedangkan nyala lilin terbaca 100% pada 20 cm dan masih 60% pada 100 cm.

Pada uji lapangan, antarmuka komputer menampilkan nilai dan status ketiga ruangan serentak (Tabel 2). Pada kondisi normal di dalam ruang, asap terbaca 128–259 ppm dan api 0%. Ketika Ruang A dan B diberi asap, nilai terbaca 769 ppm dan 1.398 ppm, dan antarmuka menampilkan kedua ruang berstatus kebakaran, sedangkan Ruang C (714 ppm) tetap aman. Pembacaan sensor api di luar ruangan terpengaruh cahaya matahari dan berada di rentang 34–52%, di atas ambang bawah 50% pada beberapa pembacaan tetapi di bawah ambang kebakaran 65%.

Tabel 2. Pembacaan ruang pada beberapa skenario

Skenario	Ruang	Asap (ppm)	Api (%)
Normal (dalam ruang)	A / B / C	257 / 164 / 128	0 / 0 / 0
Sumber asap (uji 9)	A / B / C	769 / 1.398 / 714	52 / 37 / 34
Sumber asap (uji 6)	B	2.159	40
Api lilin (uji 5)	A	513	85

4.2 Pelacakan Posisi GPS

Pada uji awal, koordinat GPS berbeda dari acuan Google Maps dengan rata-rata selisih lintang 39,4 × 10^{-6} derajat dan bujur 255,2 × 10^{-6} derajat, setara dengan galat posisi sekitar 28,5 m (Tabel 3). Selisih bujur hampir konstan pada seluruh 10 pembacaan (251–258 × 10^{-6} derajat), yang mengisyaratkan adanya bias, misalnya dari titik acuan telepon atau pengujian di dekat bangunan. Pada uji lapangan 2, koordinat sensor (−7,828145; 113,277900) berbeda 0,7 m dalam lintang dan 5,0 m dalam bujur dari telepon pada titik yang sama, sehingga galatnya sekitar 5 m.

Tabel 3. Galat posisi dan waktu perolehan koordinat GPS

Pengujian	Δ lintang (m)	Δ bujur (m)	Galat (m)
Uji awal (n = 10)	4,4	28,1	28,5
Uji lapangan 2	0,7	5,0	5,0

Waktu perolehan koordinat uji awal (n = 10): minimum 9 detik, median 74,5 detik, maksimum 33 menit 45 detik. Uji lapangan 1: 1 menit. Uji lapangan 2: 33,78 detik.

Waktu perolehan koordinat awal sangat bervariasi. Pada 10 pengukuran uji awal, sembilan selesai dalam 3 menit 25 detik dan enam di antaranya dalam 90 detik, sedangkan satu pengukuran memerlukan 33 menit 45 detik. Pada uji lapangan, koordinat diperoleh dalam 1 menit dan 33,78 detik. Artinya GPS sebaiknya dinyalakan sebelum kapal berlayar agar koordinat sudah tersedia saat terjadi keadaan darurat.

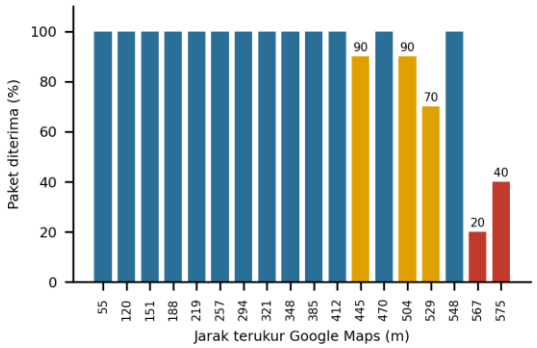
4.3 Keberhasilan Pengiriman Data ke Ground Station

Pada uji awal, pengiriman berhasil pada jarak 50, 100, 150, dan 200 m dengan waktu kirim 420–630 ms dan gagal pada 240 m yang dihalangi lalu lintas kendaraan. Pada uji lapangan 1, paket diterima utuh pada 10 jarak berturut-turut sampai 799,15 m dengan waktu kirim 620 ms, dan data mulai rusak pada 813,67 m.

Uji lapangan 2 memberikan data yang lebih rinci (Tabel 4, Gambar 2). Dari 180 paket, 161 diterima utuh (89,4%). Seluruh paket diterima hingga jarak terukur 412,07 m, dan 155 dari 160 paket (96,9%) diterima hingga 547,62 m. Pada 567,42 m dan 575,04 m keberhasilan turun menjadi 20% dan 40%. Pola ini tidak sepenuhnya monoton: titik 450 m (547,62 m terukur) menghasilkan 10 dari 10 paket, sedangkan titik 430 m hanya 7 dari 10, yang menunjukkan pengaruh penghalang dan orientasi antena di tepi jangkauan.

Tabel 4. Keberhasilan pengiriman pada 18 titik jarak (10 paket/titik)

No	Nominal (m)	Terukur (m)	Diterima	Alarm palsu
1	40	55,47	10/10	0
2	100	119,53	10/10	0
3	120	150,95	10/10	0
4	150	188,38	10/10	0
5	170	218,58	10/10	0
6	200	256,84	10/10	0
7	230	293,67	10/10	0
8	250	321,11	10/10	0
9	270	348,38	10/10	0
10	310	384,71	10/10	0
11	330	412,07	10/10	0
12	350	445,45	9/10	0
13	370	469,53	10/10	0
14	400	503,69	9/10	0
15	430	529,28	7/10	2
16	450	547,62	10/10	0
17	470	567,42	2/10	8
18	490	575,04	4/10	6



Gambar 2. Persentase paket diterima terhadap jarak terukur

4.4 Pembahasan

Pertama, jangkauan andal sistem pada uji ini adalah sekitar 400–550 m, jauh di bawah klaim jangkauan LoRa di atas 10 km pada kondisi ideal. Hasil ini dipengaruhi pengujian di darat dengan modul 915 MHz dan antena bawaan, serta penghalang di jalur. Nelayan berlayar hingga lebih dari 5 km, sehingga konfigurasi ini baru layak untuk area pelabuhan dan perairan dekat pantai. Untuk jarak lebih jauh diperlukan modul atau antena yang lebih kuat, penerima di titik tinggi, atau relai.

Kedua, paket yang rusak di tepi jangkauan dapat menampilkan alarm kebakaran palsu. Di titik 430, 470, dan 490 m, 16 paket rusak ditampilkan berstatus kebakaran meskipun tidak ada api. Penyebabnya diduga dari paket tanpa *checksum* yang diurai berdasarkan tanda koma, sehingga bidang yang bergeser atau rusak dibaca sebagai status. Untuk sistem darurat, alarm palsu dan paket hilang sama-sama berbahaya. Perbaikan yang diperlukan adalah *checksum*, pengiriman ulang atau konfirmasi penerimaan, dan penampilan status terakhir yang valid.

Ketiga, sistem mengirim koordinat apa adanya tanpa memeriksa apakah GPS sudah memperoleh posisi valid. Pada satu percobaan, lintang terbaca 0 dan bujur 113,28

di antarmuka. Pemeriksaan validitas koordinat dan penandaan waktu pembacaan diperlukan agar penolong tidak memakai posisi yang keliru.

Keterbatasan penelitian ini meliputi prototipe pada miniatur ruangan, pengujian di darat dan bukan di laut, jarak nominal yang selisihnya dengan jarak Google Maps cukup besar, tidak adanya pengujian kuantitatif tombol darurat, dan penyebab status kebakaran pada Ruang A dengan 769 ppm, di bawah ambang 1.000 ppm, yang belum dapat dijelaskan dari data tercatat.

5. KESIMPULAN

Sistem pemantauan titik api dan pelacakan posisi kapal ikan berbasis Arduino Mega 2560, sensor MQ-2 dan KY-026, GPS NEO-M8N, dan LoRa RFM95 915 MHz berhasil menampilkan status asap dan api tiga ruangan beserta koordinat kapal pada komputer *ground station*. Pada 180 paket di 18 titik jarak, 89,4% diterima utuh, 100% hingga jarak terukur 412,07 m, dan 96,9% hingga 547,62 m. Waktu pengiriman 420–630 ms, dan jarak data utuh terjauh pada kondisi jalur terbaik 799,15 m.

Galat posisi GPS sekitar 5 m pada uji lapangan, sedangkan waktu perolehan koordinat awal berkisar 9 detik hingga 3 menit 25 detik pada sembilan dari sepuluh pengukuran. Kelemahan utama adalah paket rusak di tepi jangkauan yang dapat menimbulkan alarm kebakaran palsu. Penelitian lanjutan perlu menambahkan *checksum* dan konfirmasi penerimaan, validasi koordinat GPS, pengujian tombol darurat dan pengujian di laut, serta modul komunikasi berjangkauan lebih jauh.

DAFTAR PUSTAKA

Afpianto, D., dkk. (n.d.). *Prototipe perancangan sistem kontrol kebakaran menggunakan Arduino Uno pada kapal*. Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Hidayat, T. (2018). Perancangan sistem pemantauan kapal nelayan berbobot 10GT–30GT berbantuan sistem komunikasi LoRa dengan mikrokontroler Arduino di Kampung KB – Kota Padang. *Jurnal Teknik Elektro ITP, 7*(2).

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah*.

Mauludin, M. S., dkk. (n.d.). MQ 2 sebagai sensor anti asap rokok berbasis Arduino dan bahasa C.

Mudjiono, U., & Subekti, A. (2017). Fire spot detector untuk deteksi dini terjadinya kebakaran di kapal. *Seminar MASTER 2017*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Sidabutar, F. A. (2019). *Alat ukur kadar asap rokok dalam ruangan menggunakan IoT dan tampilan LCD berbasis Arduino Uno* [Projek akhir]. Universitas Sumatera Utara.

Wisduanto, R. G., dkk. (2019). Implementasi sistem akuisisi data sensor pertanian menggunakan protokol komunikasi LoRa. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 3*(3), 2201–2207.