

PENERAPAN SISTEM DETEKSI DINI CUACA EKSTREM DAN GELOMBANG ROB BERBASIS IoT UNTUK PENGURANGAN RISIKO BENCANA DI PULAU TERLUAR KOTA BATAM

IMPLEMENTATION OF EXTREME WEATHER AND ROB WAVE EARLY DETECTION SYSTEM BASED ON IoT FOR DISASTER RISK REDUCTION IN THE OUTER ISLANDS OF BATAM CITY

Deosa Putra Caniago^{1*}, Maria Yosefina Meinadia², Yopy Mardiansyah³, Evi Maryati Damanik⁴, Ananda Hilmy⁵, Andrian Syah⁶

^{1,3,4,5,6}(Prod Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Batam, Indonesia)

²(Prodi Perdagangan Internasional, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam, Indonesia)

³(Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam, Indonesia)

¹deosa@iteba.ac.id, ²maria@iteba.ac.id, ³yopi@iteba.ac.id, ⁴2222015@iteba.ac.id, ⁵2222027@iteba.ac.id, ⁶andriansyah@iteba.ac.id

Abstrak. Pulau Belakang Padang sering kali menghadapi cuaca ekstrem seperti gelombang pasang dan angin kencang, yang dapat membahayakan keselamatan nelayan. Minimnya infrastruktur komunikasi serta kurangnya akses terhadap informasi cuaca secara real-time meningkatkan risiko kecelakaan laut. Oleh karena itu, *Smart Weather Detection System* berbasis *Internet of Things* (IoT) dirancang untuk memberikan peringatan dini mengenai kondisi cuaca dan gelombang laut secara *real-time*. Sistem ini menggunakan sensor cuaca dan gelombang yang datanya langsung diakses melalui aplikasi mobile yang dikembangkan oleh dosen dan mahasiswa Institut Teknologi Batam (ITEBA). Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dalam lima tahap: sosialisasi dan pelatihan mitigasi menghadapi ancaman bahaya cuaca ekstrem, pelatihan penggunaan teknologi, penerapan sistem, pendampingan, serta evaluasi dan keberlanjutan. Indikator dari keberhasilan program ini adalah meningkatnya pengetahuan dan keterampilan mitra sasaran tentang ancaman bahaya cuaca ekstrem serta upaya mitigasi yang diukur melalui kuesioner *pre-test* dan *post-test*. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan pengetahuan mitra sasaran sebanyak 95% tentang ancaman bahaya cuaca ekstrem dan banjir rob sebesar 95%, serta peningkatan pengetahuan dan kesadaran upaya mitigasi bencana 100%.

Kata Kunci ; cuaca ekstrem, banjir rob, gelombang laut, deteksi cuaca

Abstract. *Belakang Padang Island often experiences extreme weather such as high tides and strong winds, which can endanger the safety of fishermen. The lack of communication infrastructure and lack of access to real-time weather information increases the risk of marine accidents. Therefore, the Smart Weather Detection System based on the Internet of Things (IoT) is designed to provide early warnings regarding weather conditions and sea waves in real time. This system uses weather and wave sensors whose data is directly accessed through a mobile application developed by lecturers and students of the Batam Institute of Technology (ITEBA). This community service activity was carried out in five stages: socialization and training on mitigation in the face of extreme weather hazards, training on the use of technology, system implementation, mentoring, and evaluation and sustainability. The indicator of the success of this program is the increase in knowledge and skills of target partners about the threat of extreme weather hazards and mitigation efforts as measured through pre-test and post-test questionnaires. The evaluation results showed an increase in knowledge of target partners by 95% about the threat of extreme weather and tidal floods by 95%, as well as an increase in knowledge and awareness of disaster mitigation efforts by 100%.*

Keywords ; *extreme weather, tidal floods, sea waves, weather detection*

PENDAHULUAN

Kepulauan Riau merupakan bagian integral dari Indonesia, yang terkenal sebagai salah satu negara kepulauan terbesar di dunia. Wilayah ini menonjol dengan keberagaman pulau yang dimilikinya, mencakup total 2.408 pulau yang tersebar di berbagai perairan (Munaf et al., 2008; BPS, 2023). Berdasarkan Buku Indeks Resiko Bencana Indonesia tahun

2022, ancaman gelombang ekstrem dan abrasi menjadi kategori bencana dengan potensi risiko level tinggi untuk wilayah Batam serta berpotensi menyebabkan kerusakan dan kerugian besar (Adi et al., 2023; Gustika et al., 2023). Dalam beberapa tahun terakhir, gelombang pasang ekstrem telah menjadi perhatian serius di wilayah perairan Indonesia, termasuk Kepulauan Riau. Cuaca ekstrem, mencapai 48% dari kejadian bencana alam dalam 20 tahun terakhir di Provinsi Kepulauan Riau (Rahman et al., 2023).

Belakang Padang merupakan daerah kecamatan pertama dan tertua yang berada di Kota Batam. Pulau Belakang Padang sendiri dahulunya merupakan Ibu Kota Kecamatan Batam pada saat pemerintahan Kabupaten di Kepulauan Riau dengan luas wilayah 68,11 km² (Ferdinand dan Savitri, 2022; Maldin, 2022). Kepulauan Belakang Padang, sering kali menjadi sasaran bencana terkait cuaca ekstrem, seperti angin puting beliung dan gelombang pasang tinggi. Pada tanggal 24 Juni 2023, wilayah ini menderita dampak serius akibat angin puting beliung yang dipicu oleh curah hujan tinggi, mengakibatkan kerugian materil yang signifikan dan dampak pada korban jiwa serta materil (Zuhri, 2023). Berdasarkan hasil observasi awal tim ke Kecamatan Belakang Padang, terungkap bahwa wilayah tersebut memiliki tantangan besar terkait cuaca ekstrim dan banjir rob. Dengan topografi yang berbukit-bukit dan pantai yang terbuka, Kecamatan Belakang Padang rentan terhadap gelombang pasang ekstrem yang dapat mengancam keselamatan masyarakat, terutama para nelayan dan pengunjung. Selain itu, ketiadaan BPBD di wilayah sekitar serta jarak yang jauh dengan Stasiun Meteorologi Kota Batam menyulitkan dalam mendapatkan peringatan dini terkait ancaman cuaca ekstrem (Hafizh et al., 2022).

Hal ini menimbulkan kendala dalam memberikan respons cepat dan efektif pasca terjadinya bencana, yang dapat menghambat upaya pemulihan dan rehabilitasi masyarakat terdampak terutama nelayan. Perkumpulan Nelayan Unggulan Madani (PNUM) merupakan satu-satunya komunitas nelayan yang didirikan pada tahun 2021 di Belakang Padang. Permasalahan utama yang dihadapi oleh PNUM adalah kurangnya akses terhadap peringatan dini terkait ancaman cuaca ekstrem dan gelombang pasang (rob) secara real-time. Sebelumnya, mereka mengandalkan pengamatan langsung dan bantuan kalender nelayan dari negara tetangga yang kurang akurat dan tidak responsif terhadap ancaman mendadak. Hal ini meningkatkan risiko keamanan dan keselamatan para nelayan di perairan tersebut. Selain itu, Perkumpulan Nelayan Unggulan Madani (PNUM) di Belakang Padang juga menghadapi

Proses transfer pengetahuan dan teknologi akan dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu: Sosialisasi, Pelatihan, Penerapan Teknologi, Evaluasi Keberlanjutan dan Pendampingan. Kegiatan sosialisasi dilakukan secara bertahap dan rutin kepada anggota PNUM. Sosialisasi bertujuan untuk membangun pemahaman dan kesadaran mengenai ancaman cuaca ekstrem dan kesiapsiagaan menghadapi bencana. Rangkaian sosialisasi meliputi:

- 1) **Pemahaman Cuaca Ekstrem:** Sosialisasi terkait ancaman cuaca ekstrem, gelombang pasang, dan banjir rob. Dalam sosialisasi ini, peserta diharapkan mengenali dan memahami indikator cuaca berbahaya, bagaimana menginterpretasi data cuaca, serta tindakan pencegahan dan respons tepat dalam situasi darurat.
- 2) **Sosialisasi Mitigasi Bencana:** Kegiatan ini dilaksanakan bekerjasama dengan Basarnas Kota Batam dalam menyampaikan informasi tentang langkah-langkah mitigasi bencana yang dapat dilakukan oleh anggota PNUM, seperti pembuatan rencana evakuasi, penetapan titik kumpul darurat, serta persiapan peralatan keselamatan di kapal. Ini diharapkan meningkatkan kesiapsiagaan nelayan dan mengurangi risiko kecelakaan di laut.

Tahapan pelatihan berfokus pada keterampilan penggunaan dan pengelolaan sistem peringatan dini cuaca ekstrem kepada kelompok nelayan. Pelatihan akan dibagi dalam kelompok kecil dengan minimal dua pembimbing (dosen dan mahasiswa). Tahapan pelatihan meliputi:

- 1) **Pengoperasian dan Pengelolaan Sistem Peringatan Dini:** Pelatihan dimulai dengan pemahaman sensor dan teknologi yang digunakan untuk memantau kondisi cuaca ekstrem. Peserta dilatih untuk menggunakan sistem ini, termasuk dalam proses instalasi dan monitoring data cuaca yang dikumpulkan.
- 2) **Pelatihan Penanganan Kondisi Darurat:** Pelatihan simulasi dilakukan secara berkala untuk menguji respons dan kesiapsiagaan kelompok nelayan. Simulasi ini menguji bagaimana nelayan mengkoordinasikan evakuasi atau tindakan darurat saat menerima peringatan dini terkait cuaca ekstrem.

Tahapan Penerapan Teknologi dimulai dengan pengujian sistem secara teknis dan perbaikan jika diperlukan. Adapun kriteria keberhasilan penerapan sistem ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengukuran Akurat: Sensor anemometer mampu mengukur kecepatan angin dengan ambang batas 40 km/jam, sedangkan sensor water leveling mengukur ketinggian gelombang pasang.
- b. Konektivitas IoT: Sistem menggunakan komponen modem WiFi untuk memastikan kalibrasi jaringan *Internet of Things* (IoT) yang stabil, memungkinkan transmisi data cuaca real-time.
- c. Pemantauan Real-Time: Sistem mampu mengirimkan informasi terkait kecepatan angin dan ketinggian gelombang pasang di kawasan Belakang Padang melalui jaringan internet yang dapat diakses melalui *smartphone*.
- d. Solusi Bencana: Sistem ini memberikan solusi untuk menghadapi ancaman cuaca ekstrem dan banjir rob yang mungkin mengancam keselamatan nelayan.

Tahapan Pendampingan dilakukan melalui serangkaian pelatihan intensif yang fokus pada pemeliharaan sistem deteksi cuaca. Pelatihan mencakup:

- a. Aspek Teknis Sistem: Peserta belajar cara kerja dan fungsi setiap komponen dalam sistem, termasuk sensor anemometer, sensor water level, dan kontroler ESP32 WROOM. Pelatihan ini memastikan bahwa peserta mampu memasang, mengkalibrasi, dan memelihara komponen-komponen tersebut untuk mendapatkan hasil yang akurat.
- b. Pemecahan Masalah: Selain aspek teknis, peserta juga dilatih untuk mengatasi masalah umum yang mungkin terjadi, sehingga sistem dapat tetap berfungsi optimal dalam memonitor kondisi cuaca.

Tahapan Evaluasi Keberhasilan kegiatan dilakukan dengan menilai tiga aspek utama, yaitu:

- a. Pemahaman Awal tentang Bencana: Evaluasi pemahaman peserta mengenai ancaman cuaca ekstrem dan banjir rob di wilayah kepulauan, serta langkah-langkah mitigasi yang dapat diambil.

- b. Keterlibatan Aktif: Keterlibatan dan partisipasi aktif anggota PNUM dalam seluruh rangkaian kegiatan, mulai dari sosialisasi hingga pelatihan dan simulasi.
- c. Penyebaran Informasi: Evaluasi terkait penyebaran informasi ancaman cuaca ekstrem dan banjir rob, serta dampak dari kegiatan ini terhadap pengurangan risiko kerugian materiil di kalangan nelayan. Kegiatan monitoring dilakukan melalui sesi tanya jawab dan pengisian kuesioner oleh peserta.

Evaluasi Keberlanjutan Program dilaksanakan untuk memastikan keberlanjutan program, diperlukan mekanisme pemeliharaan dan perbaikan sistem yang telah diimplementasikan. Ini mencakup:

- a. Pemeliharaan Rutin: Pemantauan kinerja sistem secara berkala, pemeliharaan rutin, serta perbaikan jika ditemukan masalah atau kerusakan.
- b. Partisipasi Komunitas: Partisipasi aktif dari kelompok nelayan dalam menjaga operasional sistem untuk memberikan peringatan dini terkait ancaman cuaca ekstrem dan gelombang pasang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mitra sasaran dari pelaksanaan kegiatan ini adalah kelompok nelayan PNUM yang berada di Kecamatan Belakang Padang, Pulau Belakang Padang, Kota Batam jumlah anggota sebanyak 30 orang dengan tingkat pendidikan terakhir 90% SD dan sisanya SMP dan SMA.

Tabel 1. Rentang Umur Peserta

Umur (Tahun)	Jumlah	Persentase (%)
21 - 30	6	20
31 - 40	10	33
41 - 50	5	17
51 - 60	9	30

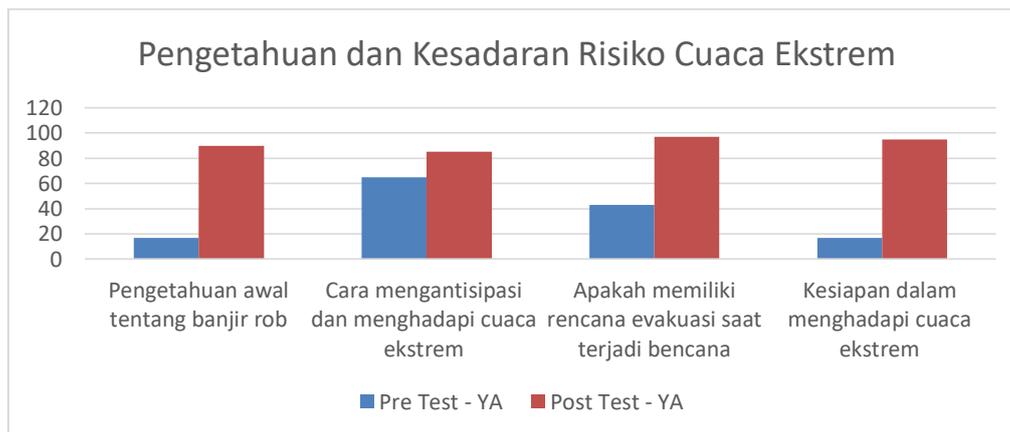
Pada Tabel 1 diketahui 30% anggota PNUM berusia lanjut. Risiko yang dihadapi oleh nelayan usia lanjut cukup kompleks, karena dipengaruhi oleh faktor fisik, ekonomi, dan lingkungan. Hal ini juga mempengaruhi kesiapsiagaan serta kecepatan nelayan dalam merespon adanya ancaman cuaca ekstrem saat berada di tengah laut. Kegiatan sosialisasi dilakukan sebanyak 3 kali pertemuan. Sosialisasi Ancaman Bahaya Cuaca Ekstrem dan Banjir Rob dilakukan dengan tujuan meningkatkan pemahaman dan kesadaran anggota

tentang ancaman bahaya cuaca ekstrem sehingga berdampak pada peningkatan kesiapsagaan dan kewaspaan anggota dalam menjaga keselamatan. Kegiatan sosialisasi upaya mitigasi bencana akibat cuaca ekstrem serta pelatihan keterampilan dalam menanggapi bencana dilaksanakan dengan Tim Basarnas Kota Batam.



Figur 2. Sosialisasi Ancaman Bahaya Cuaca Ekstrem dan Banjir Rob dan Sosialisasi Mitigasi Bencana akibat Cuaca Ekstrem

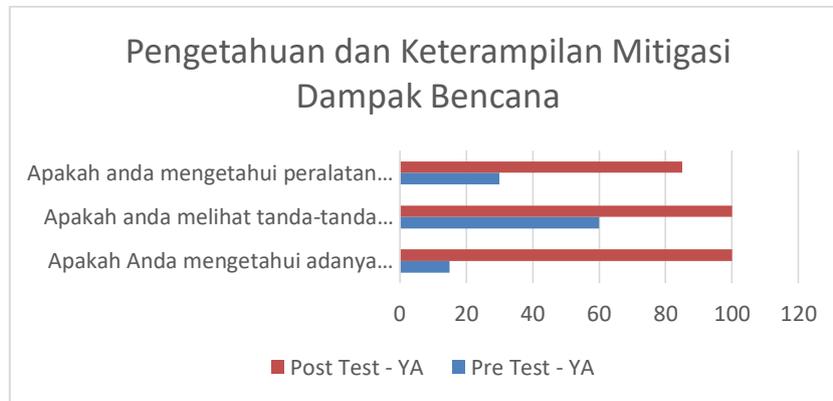
Evaluasi keberhasilan kegiatan sosialisasi ini dilakukan melalui pemberian kuesioner pre-test dan post test yang diisi oleh seluruh anggota nelayan.



Figur 3. Evaluasi Pengetahuan dan Kesadaran Risiko Cuaca Ekstrem

Grafik pada Figur 3 menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan di semua indikator setelah dilakukan kegiatan sosialisasi. Masyarakat yang sebelumnya memiliki tingkat pengetahuan dan kesiapan yang rendah terkait cuaca ekstrem, setelah pelaksanaan

kegiatan menjadi lebih siap dan lebih memahami cara menghadapi cuaca ekstrem dan bencana yang mungkin terjadi.



Figur 4. Pengetahuan dan Keterampilan Mitigasi Dampak Bencana

Grafik pada Figur 4 menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan dan keterampilan yang signifikan setelah intervensi dilakukan. Responden menunjukkan pemahaman yang lebih baik mengenai peralatan keselamatan, kemampuan mendeteksi tanda-tanda cuaca ekstrem, serta kesadaran terhadap program bantuan dari pemerintah atau organisasi yang terkait dengan mitigasi dampak bencana cuaca ekstrem. Hasil ini mengindikasikan bahwa intervensi tersebut sangat efektif dalam meningkatkan kesiapan nelayan dalam menghadapi cuaca ekstrem.

Teknologi *Smart Weathering Detection System* telah berhasil dibuat dan digunakan oleh kelompok nelayan anggota PNUM melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan penggunaan alat. Berikut tampilan pada aplikasi di handphone.



Figur 5. Sistem Aplikasi Monitoring

Pelatihan dan pendampingan penggunaan alat *Smart Weathering Detection System* difokuskan kepada anggota dengan rentang usia 21 – 40 tahun karena pada usia ini lebih cepat dalam memproses pengetahuan dan teknologi.



Figur 6. Sosialisasi Penggunaan Alat *Smart Weathering Detection System*

KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi *Smart Weathering Detection System* telah berhasil memberikan manfaat langsung bagi nelayan di Pulau Belakang Padang, dengan sistem yang mampu mendeteksi cuaca ekstrem dan peningkatan level air laut secara real-time. Hal ini terbukti membantu nelayan mempersiapkan diri sebelum melakukan aktivitas di laut, mengurangi risiko bencana, dan meningkatkan keselamatan. Peningkatan Kesadaran dan Pengetahuan: Program ini juga berhasil meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya mitigasi bencana dan kesiapan menghadapi cuaca ekstrem. Nelayan kini lebih sadar akan kondisi lingkungan sekitar dan cara mengambil keputusan berdasarkan informasi yang diberikan oleh sistem. Efektivitas Teknologi IoT: Sistem berbasis IoT ini menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam menyediakan informasi secara cepat dan tepat. Dengan memanfaatkan sensor cuaca dan air, data dapat diakses secara langsung melalui aplikasi seluler, memungkinkan respons yang cepat dan preventif terhadap potensi bencana. Meskipun sistem telah menunjukkan dampak positif terhadap keselamatan dan produktivitas nelayan di Pulau Belakang Padang, perlu adanya perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Saran ini mencakup langkah-langkah teknis untuk memperbaiki dan meningkatkan sistem serta strategi untuk memperluas penerapan ke daerah lain jika terbukti efektif. Selain itu, penting untuk merancang strategi keberlanjutan yang mencakup pelatihan berkelanjutan dan pemeliharaan sistem guna memastikan operasional yang optimal dan manfaat jangka panjang bagi masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah terbiat dalam kegiatan ini terutama Ketua dan seluruh pengurus dan anggota Perkumpulan Nelayan Unggulan Madani (PNUM) Belakang Padang. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah mendanai kegiatan ini melalui skema Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat dengan surat keputusan 132/E5/PG.02.00/PM.BARU/2024 dan perjanjian kontrak Nomor 032/LL10/AM.AK/2024.

REFERENSI

- Rahman, A.N., Viani, F.O., dan Sitanggang, N. (2023). Implementasi Program Sustainable Development Goals (SDG's) Dalam Upaya Penanganan Peubahan Iklim Di Provinsi Kepulauan Riau. *Aufklarung: Jurnal Pendidikan, Sosial Dan Humaniora* 3(3):341–50.
- Caniago, D.P. (2022). The Internet of Things Application on Student Assignee Smart Box Using ESP32-Cam. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)* 3(3):479–86. doi: 10.37859/coscitech.v3i3.4347.
- Ferdinand, M.A., dan Savitri, V. (2022). Upaya Pemenuhan Air Bersih Masyarakat Pulau Belakang Padang Melalui Sistem Sea Water Reverse Osmosis. *Jurnal Kacapuri (Jurnal Keilmuan Teknik Sipil)* 5:470–83.
- Gustika, W., Dharmawan, A.H., dan Abdulkadir-Sunito, M. (2023). Kerentanan Nafkah Rumahtangga Nelayan Dalam Tekanan Variabilitas Iklim: Studi Kasus Desa Dendun, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 21(1):43–56. doi: 10.14710/jil.21.1.43-56.
- Hafizh, D., Iswahyudi, dan Valentina, A. (2022). Peran BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Provinsi Kepulauan Riau Dalam Penanggulangan Bencana Wilayah Kepulauan Riau. *Jurnal Manajemen Bencana (JMB)* 8(2):153–62. doi: 10.33172/jmb.v8i2.1335.
- Maldin, S.A. (2022). Analisis Peran Pokdarwis Dalam Pengembangan Desa Wisata Terpadu Pulau Belakang Padang. *Jurnal Menata* 1(1):12–16.
- Mardiansyah, Y., Ilmi, N., Caniago, D.S., Masril, M.A., Fahrudini, R.E., dan Sumardi, H. (2023). Application of Smart Indoor Hydroponic Technology to Support Food Security. *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang* 8(4):572–82. doi: 10.26905/abdimas.v8i4.11275.
- Zuhri, M. (2023). Angin Puting Beliung Mengamuk : Pulau Kasu Batam Porak Poranda.” *Batamnews*. Available from: <https://www.batamnews.co.id/berita-100749-angin-puting-beliung-mengamuk-pulau-kasu-batam-porak-poranda.html>

Munaf, D.R., Suseno, T., Janu, R.I., dan Badar, A.M. 2008. Peran Teknologi Tepat Guna untuk Masyarakat Daerah Perbatasan Kasus Propinsi Kepulauan Riau. *J Sosioteknologi*, 7(13):329–33..

Badan Pusat Statistik,. 2023. “Kecamatan Belakang Padang Dalam Angka 2022.” P. 116 in *Badan Puser Statistik*. Batam.

Adi, A.W., Shaih, O., Shabrina, F.Z., Rizqi, A., Putra, A.S., Karimah, R., Eveline, F., Alfian, A., Sauqi, Septian R.T., Widiastomo, Y.....Puspasari, T.J. (2023). IRBI (Indeks Risiko Bencana Indonesia). Vol. 01 Januari 2023. Badan Penanggulangan Bencana Nasional.

Diterima: 20 September 2024 | Disetujui : 30 Desember 2024 | Diterbitkan : 31 Desember 2024

How to Cite:

Caniago, D.P., Meinadia, M.Y., Mardiansyah, Y., Damanik, E.M., Hilmy, A., Syah, A. (2024). Penerapan Sistem Deteksi Dini Cuaca Ekstrem dan Gelombang Rob Berbasis IoT Untuk Pengurangan Risiko Bencana di Pulau Terluar Kota Batam. *Minda Baharu*, 8(2), 424-434. Doi. 10.33373/jmb.v8i2.6886