

## SISTEM MONITORING DAN PERINGATAN DINI ANGIN KENCANG BERBASIS INTERNET OF THINGS DAN MEDIA SOSIAL

**Mardiyono, Tri Raharjo Yudiantoro, Sukamto, dan Liliek Triyono**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. H. Soedarto, S.H.  
Tembalang, Semarang, 50275  
E-mail: mardiyono@polines.ac.id, tryudan@polines.ac.id, sukamto@polines.ac.id,  
lilie.k.triyono@polines.ac.id

### **Abstract**

Abstract Strong wind disaster mitigation needs monitoring and early warning system that can be accessed by community on location as well as using social media. It is hard for community to prevent such disaster if there is not available strong wind warning system and causes the dead toll and material damage. This research aims to develop monitoring and early warning system of strong wind utilizing Internet of Thing (IoT)-social media to support Industry 4.0 implementation. The research method involves dangerous wind speed investigation, system design, hardware and software development, testing in laboratory, testing in the field, analysis, and testing result evaluation. This research has successfully measured actual wind speed in such location, obtained wind speed data from weather forecast in internet, and show the early warning of strong wind in running text display and social media. Implementation of this system will help government to prevent the casualties due to strong wind using early warning.

**Keywords:** *Strong Wind, IoT-Social Media, Monitoring, Early Warning*

### **Abstrak**

Mitigasi bencana bahaya angin kencang memerlukan sistem monitoring dan peringatan dini yang bisa diakses oleh masyarakat baik di lokasi maupun melalui media sosial. Ketidadaan sistem tersebut menyebabkan masyarakat tidak bisa mengantisipasi bencana tersebut dan menimbulkan korban baik jiwa maupun materi. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem monitoring dan peringatan dini angin kencang dengan teknologi Internet of Thing (IoT)-media sosial yang mendukung penerapan revolusi industri 4.0. Metode penelitian meliputi investigasi kecepatan angin berbahaya, desain sistem, pengembangan hardware, pengembangan software, pengujian di laboratorium, pengujian di lapangan, analisis serta evaluasi hasil pengujian. Penelitian ini telah berhasil mengukur kecepatan angin aktual di suatu lokasi, mengambil data kecepatan angin dari data prakiraan cuaca di internet, dan memberikan peringatan dini angin kencang melalui layar running text dan media sosial. Implementasi sistem ini akan membantu pemerintah mencegah jatuhnya korban akibat angin kencang dengan peringatan dini.

**Kata Kunci:** *Angin Kencang, IoT-Media Sosial, Monitoring, Peringatan Dini*

## **PENDAHULUAN**

Keberhasilan mitigasi bencana akan mengurangi kerugian/korban baik jiwa maupun materi. Salah satu bagian penting dalam mitigasi bencana adalah sistem peringatan dini untuk memperingatkan masyarakat agar menjauh dari lokasi bencana atau mempersiapkan diri menghadapinya. Salah satu bencana yang sering menimbulkan

korban jiwa yaitu angin kencang. Bencana ini seringkali merobohkan pohon-pohon dan menimpa pengendara di bawahnya. Menurut laporan kejadian bencana angin kencang di Amerika Serikat antara tahun 1995-2017, korban meninggal dunia mencapai 180 jiwa (Schmidlin, 2009). Penyampaian informasi peringatan dini bahaya angin kencang harus menjadi perhatian yang serius agar masyarakat bisa segera mengetahui dan mengantisipasinya. Maka dari itu perlu dirancang metode penyampaian informasi peringatan dini melalui banyak media yang mudah diakses oleh masyarakat.

Para peneliti telah menaruh perhatian yang sangat besar terhadap sistem peringatan dini terkait bahaya bencana alam. Dalam bencana gempa beberapa peneliti telah membuat sistem peringatan dini gempa bumi yang diterapkan di California tentang sistem ElarmS (Allen, 2011), Italia yang menggunakan sensor accelerometer dan seismometer (Zollo dan Lancieri, 2007) dan Malaysia tentang sistem monitoring cerdas kondisi bangunan pasca gempa (Mardiyono dan Suryanita, 2011). Sistem peringatan dini tsunami juga telah dikembangkan oleh Chatfield dan Brajawidagda yang menggunakan media sosial twitter untuk menginformasikan bencana tsunami sebagai akibat gempa bumi di laut di Indonesia (Chatfield dan Brajawidagda, 2013), Kanazawa di Jepang yang meliputi area Hokkaido, Tohoku dan Kanto (Kanazawa, 2013) serta Pinto dan Cipriano yang mengembangkan sistem peringatan dini tsunami (TEWS) (Pinto dan Cipriano, 2014). Penelitian yang mengambil topik sistem peringatan dini banjir juga sudah dikembangkan oleh beberapa peneliti (Mousa, Zhang dan Claudel, 2016), (Putra dkk., 2016), (Rahadianto, Fariza dan Hasim, 2015), dan (Febrianto, Fariza dan Hasim, 2016). Selanjutnya dalam topik tanah longsor dan aliran lahar beberapa peneliti telah mengembangkan sistem dengan level peringatan null, outlook, awas, dan waspada (Baum dan Godt, 2010), sistem berbasis 3D WebGIS (Jian dkk., 2015), dan sistem berbasis web of thing dan basis data MongoDB (Kebaili dkk., 2016).

Penelitian yang fokus kepada sistem peringatan dini angin kencang yang sudah dikembangkan oleh (Nasir dkk., 2016), (Raudah, Ervianto dan Lysbetti, 2016) (Putra dkk., 2016) (Mardiyono, Sari dan Dini, 2018) telah mampu mendeteksi kecepatan angin dan memberikan peringatan kepada pengguna melalui lampu merah, alarm, transfer data ke server untuk dilakukan prediksi terjadinya bencana alam, mengakses data prakiraan cuaca melalui jaringan wifi sehingga mampu memberikan peringatan dini dan menampilkannya dalam *running-text*. Sistem yang sudah dikembangkan mempunyai

kelemahan yaitu belum mampu mengakses data internet melalui jaringan seluler/GSM dan menyebarkannya ke media sosial.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring dan peringatan dini bahaya angin kencang menggunakan teknologi IoT yang mampu mengakses data internet melalui jaringan seluler/GSM dan penyebaran informasi melalui media sosial agar lebih banyak diketahui oleh masyarakat. Sistem ini mampu memberikan peringatan dini kepada masyarakat akan bahaya angin kencang yang menyebabkan pohon tumbang dengan teknologi arduino, display berbentuk teks berjalan (*running text*), Narrow Band Internet of Thing (NB-IoT), dan penyebaran informasi ke media sosial (Telegram). Penerapan sistem di lokasi-lokasi rawan pohon tumbang akan membantu mencegah/mengurangi korban jiwa dengan cara masyarakat bisa mencari lokasi yang aman atau menjauhi pohon bila terjadi angin kencang dan membantu masyarakat untuk mengantisipasi bencana angin kencang dengan akses informasi melalui media sosial.

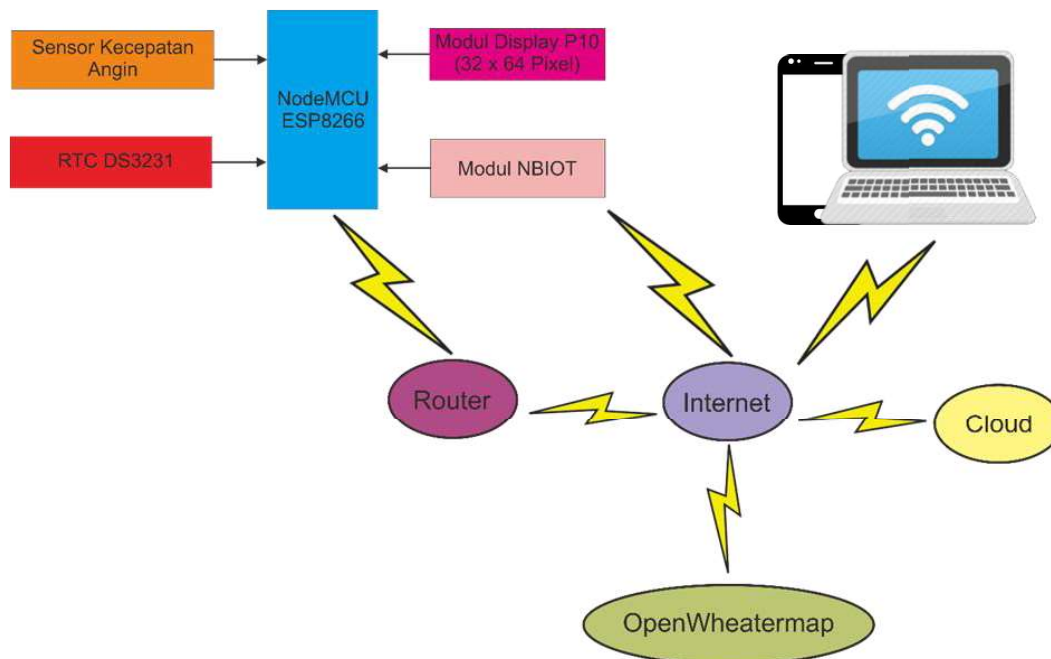
## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian pada penelitian ini meliputi perancangan sistem, pembangunan hardware dan software, pengujian, analisis dan evaluasi sistem. Bagian yang dijelaskan lebih rinci pada bagian ini adalah perancangan sistem yang meliputi gambaran sistem secara umum, flowchart, dan rancangan level peringatan kecepatan angin.

Sistem ini menggabungkan beberapa teknologi berupa *hardware* dan *software* yang terdiri dari sensor kecepatan angin, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, pewaktu RTC DS3231, modul display P10 (32x64 Pixel), modul NB-IoT, router, internet, server prakiraan cuaca openweathermap.org, *cloud*, dan perangkat akses data PC/*smartphone*. Tampilan yang digunakan adalah untuk keperluan di tempat umum (*outdoor*) yaitu teknologi *running text*. Gambaran umum sistem diperlihatkan pada Gambar 1.

Bagian software terdiri dari pemroses data pengukuran kecepatan angin aktual, pemanen data prakiraan cuaca, dan pemroses peringatan yang ditampilkan pada *running text*, notifikasi ke media sosial Telegram, dan pengiriman data pengukuran ke *cloud* dengan teknologi NB-IoT. Sistem ini memanen data prakiraan cuaca yang disediakan oleh openweathermap.org dengan teknologi web service. Sensor anemometer digunakan untuk mengubah kecepatan angin menjadi sinyal listrik yang diproses oleh modul mikrokontroler. Penelitian ini menggunakan sensor angin HS-FL2 yang

mengubah perputaran sudu menjadi tegangan listrik. Modul mikrokontroler berfungsi sebagai unit pemroses yang mengubah sinyal analog dari sensor anemometer menjadi format data serial.



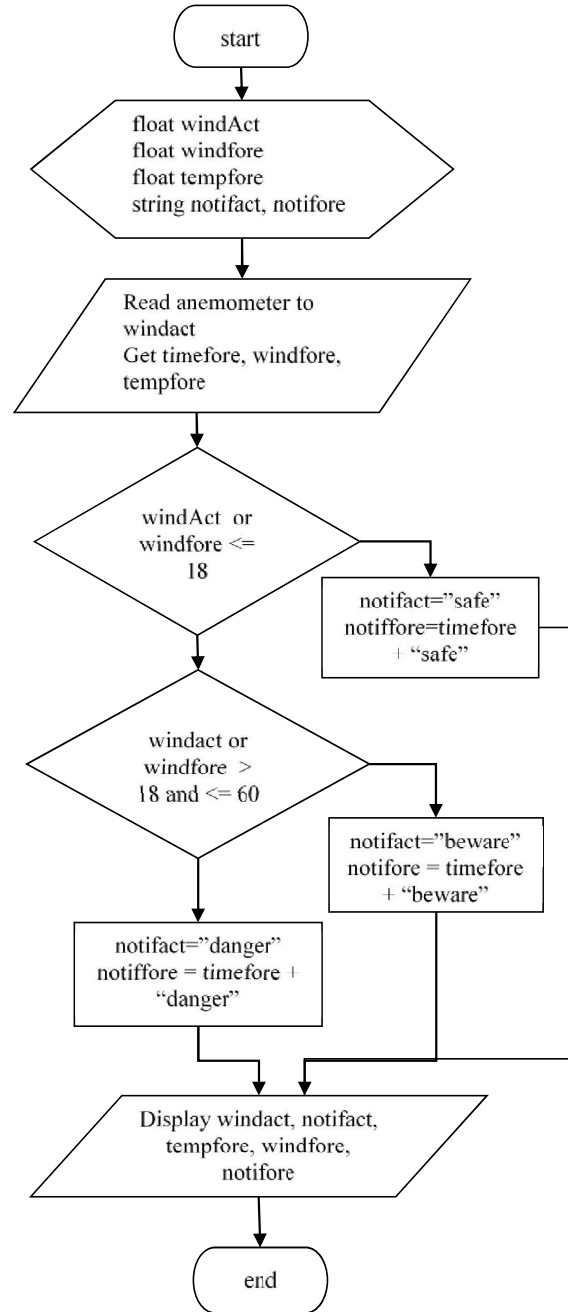
Gambar 1. Gambaran Umum Sistem Monitoring dan Peringatan Angin Kencang  
Data kecepatan angin dapat dibaca melalui port Uni Serial Bus (USB) oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Pemanen data prakiraan cuaca adalah program klien menggunakan API dari openweathermap.org. Data yang diperoleh dalam bentuk XML dan tersedia dalam 3 jam sekali. Data yang disediakan meliputi kecepatan angin, suhu, kelembapan, dan tanggal waktu di lokasi tertentu dalam hal ini Semarang Indonesia. Unit aplikasi berupa software yang ditulis dalam C Arduino yang mengubah besaran kecepatan angin dari m/detik menjadi km/jam. Kerja unit ini juga memberikan peringatan berdasarkan level peringatan dalam tiga kondisi yaitu aman (kecepatan <18 km/jam), waspada (kecepatan antara 18 km/jam s.d 60 km/jam), dan bahaya (kecepatan di atas 60 km/jam). Penetapan tiga level peringatan ini berdasarkan skala Beaufort yang menjadi pedoman kategori kecepatan angin. Unit display memperlihatkan data kecepatan angin aktual, data prakiraan dan peringatan waspada dan bahaya bila kecepatan angin masuk ke level tersebut. Unit display berupa running text dan juga memperlihatkan peringatan dini bila kecepatan angin berdasarkan data prakiraan cuaca beberapa jam sebelum terjadi. Modul NB-IoT mengirimkan data pengukuran dan

prakiraan ke cloud sehingga bisa dilakukan analisis terhadap tren perilaku angin kencang di Semarang.

*Flow chart* program menjelaskan tahapan-tahapan kerja yang dilakukan oleh program dimulai dari penyiapan variabel-variabel sampai dengan menampilkan data dan peringatan pada keluaran. Program yang dijalankan sepenuhnya ditulis dalam bahasa C yang dieksekusi oleh mikrokontroler arduino. Kecepatan angin dibagi dalam 3 kategori yaitu aman, waspada, dan bahaya. Jika status berada pada level waspada dan bahaya maka alarm akan diaktifkan dan notifikasi berupa teks pada display akan ditampilkan. Dengan demikian orang-orang di sekitar sensor akan diingatkan untuk menjauh dari pohon-pohon agar terhindar dari bencana. Pada sisi yang lain, pemanen data prakiraan cuaca meminta data sesuai dengan lokasi yang diminta (Semarang) ke server [openweathermap.org](http://openweathermap.org). Data yang diberikan oleh server tersebut meliputi tanggal, waktu, suhu, kecepatan angin, tekanan udara, kelembapan, dan kondisi cuaca. Dalam rancangan ini, data yang digunakan terbatas pada kecepatan angin, suhu, tanggal, dan waktu dikarenakan keterbatasan ukuran layar. Jika prakiraaan kecepatan angin pada beberapa jam kedepan berada pada level waspada dan bahaya, maka peringatan bahaya ditampilkan pada layar sebagai sistem peringatan dini. Tahapan program dari sistem ini diperlihatkan pada Gambar 2.

Gambar 5.2 menjelaskan tentang flow chart sistem monitoring dan peringatan dini bahaya angin kencang. Sistem ini mendapatkan data dari dua sumber yaitu data anemometer dan data prakiraaan cuaca dari server web service. Kecepatan angin aktual di simpan pada variabel *windact* sedangkan data prakiraan cuaca disimpan pada variabel *timefore* (waktu), *windfore* (kecepatan angin), dan *tempfore* (suhu). Setiap data kecepatan angin pada variabel *windact* dan *windfore* dicek apakah nilainya dibawah 18 km/jam. Jika hasilnya YA maka variabel *notifact* diset pada posisi aman, sedangkan variabel *notifore* diset dengan nilai waktu dan aman. Sebaliknya jika kedua nilai dari variabel *windact* dan *windfore* berada pada nilai antara 18 km/jam s.d 60 km/jam maka variabel *notifact* diset pada kondisi waspada dan variabel *notifore* diset dengan nilai waktu dan waspada. Jika kecepatan angin melebihi 60 km/jam maka kedua variabel akan diset pada posisi bahaya. Tahapan akhir yaitu semua data ditampilkan pada *running text* termasuk data pada variabel *windact*, *notifact*, *timefore*, *windfore* dan *notifore*.

Ambang batas peringatan kecepatan angin mengacu pada skala angin Beufort yang dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar 2. Flow Chart Sistem Monitoring dan Peringatan Dini Angin Kencang

Kategori aman diatur mulai dari skala 0 hingga 3 (angin sepoi-sepoi) yang mewakili kecepatan angin 10 knot atau 18 km / jam. Kecepatan ini akan menyebabkan daun dan ranting kecil terus bergerak dan terbang ringan.

Kategori kedua adalah hati-hati yang mengacu pada skala 4 sampai 7 yang memiliki kecepatan antara 11 hingga 33 knot atau 19,8 km/jam hingga 59,4 (dibulatkan menjadi 60) km/jam. Kategori terakhir adalah bahaya yang mengacu pada skala 8 hingga 12. Kategori ini akan menyebabkan dari ranting pohon patah sampai pohon-pohon tumbang dan kerusakan pada bangunan.

Tabel 1  
Skala Beufort

| Scale | Wind speed |             | Description     |
|-------|------------|-------------|-----------------|
|       | Knots      | Km/h        |                 |
| 0     | < 1        | <1          | Calm            |
| 1     | 1-3        | 1.8-5,4     | Slight air      |
| 2     | 4-6        | 7.2-10.8    | Slight breeze   |
| 3     | 7-10       | 12.6-18     | Gentle breeze   |
| 4     | 11-16      | 19.8-28.8   | Moderate breeze |
| 5     | 17-21      | 30.6-37.8   | Fresh breeze    |
| 6     | 22-27      | 39.6-48.6   | Strong breeze   |
| 7     | 28-33      | 50.4-59.4   | Near gale       |
| 8     | 34-40      | 61.2-72     | Gale            |
| 9     | 41-47      | 73.8-84,6   | Strong gale     |
| 10    | 48-55      | 86.4-99     | Storm           |
| 11    | 56-63      | 100.8-113.4 | Violent storm   |
| 12    | >63        | >113.4      | Hurricane       |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah fungsi sistem sudah berjalan dengan baik maka dilakukan pengujian lapangan. Sistem dikemas dalam kotak tampilan dan tiang penyangga sehingga dipasang dengan kuat untuk menampilkan data kecepatan angin dan peringatannya. Tampilan hasil uji coba dari sistem ini diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Hasil Sistem Monitoring dan Peringatan Dini Angin Kencang

Gambar 3 memperlihatkan bahwa sistem telah berhasil menampilkan kecepatan angin dan data prakiraan cuaca. Tampilan pada bagian atas adalah data kecepatan angin aktual yang terukur 2,16 km/jam, sedangkan data di bawahnya adalah data prakiraan kecepatan angin 1,50 km/jam dan suhu 31,2 derajat Celcius pada pukul 16.31 WIB. Tulisan peringatan diperlihatkan apabila level kecepatan angin berada dalam status waspada dan bahaya. Pengukuran data dilakukan di atap gedung Magsiter Sains Terapan (MST) Politeknik Negeri Semarang lantai 3 dengan mengambil data kecepatan angin aktual dan data prakiraan cuaca secara on line dari openweathermap.org. Sampel hasil pengukuran yang dilakukan pada tanggal 16 Desember 2019 diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2  
Pengukuran Kecepatan Angin Aktual dan Prakiraan

| No | Tanggal    | Waktu        | Kecepatan Angin (km/jam) |           |
|----|------------|--------------|--------------------------|-----------|
|    |            |              | Aktual                   | Prakiraan |
| 1  | 16/12/2019 | 13:39:38.191 | 2,73                     | 2,6       |
| 2  | 16/12/2019 | 13:40:46.205 | 2,73                     | 2,6       |
| 3  | 16/12/2019 | 13:41:01.935 | 2,73                     | 2,6       |
| 4  | 16/12/2019 | 13:41:35.525 | 2,73                     | 2,6       |
| 5  | 16/12/2019 | 13:41:51.774 | 2,73                     | 2,6       |
| 6  | 16/12/2019 | 13:43:28.609 | 2,73                     | 2,6       |
| 7  | 16/12/2019 | 14:30:06.982 | 2,73                     | 2,6       |
| 8  | 16/12/2019 | 14:30:54.448 | 2,205                    | 2,1       |
| 9  | 16/12/2019 | 14:31:12.978 | 2,205                    | 2,1       |
| 10 | 16/12/2019 | 14:31:44.429 | 2,205                    | 2,1       |

Tabel 2 memperlihatkan sampel data pengukuran lapangan. Terdapat 10 sampel data yang diambil pada tanggal 16 Desember 2019 pukul 13.39 sampai dengan pukul 14.31



WIB. Data pengukuran aktual dan prakiraan mempunyai selisih yang cukup kecil artinya data pengukuran lapangan mendekati data prakiraan. Sistem ini juga mampu memberikan notifikasi ke media sosial Telegram. Beberapa media sosial yang populer yaitu whatsapp, facebook, twitter, dan Telegram. Hanya Telegram yang memberikan APInya secara gratis sehingga bisa digunakan untuk mengirimkan pesan melalui mesin (mikrokontroler). Tampilan dari notifikasi ke media sosial Telegram diperlihatkan pada Gambar 4.

Penelitian ini telah menghasilkan sistem monitoring dan peringatan dini bahaya angin kencang. Sistem ini dapat diimplementasikan di area umum untuk memperingatkan masyarakat jika level kecepatan angin berbahaya. Sistem ini juga memberitahukan peringatan dini kepada masyarakat jika prakiraan cuaca beberapa jam ke depan berada pada level waspada dan bahaya. Penelitian ini berhubungan dengan penelitian lain terkait monitoring kecepatan angin (Nasir dkk., 2016) (Raudah, Ervianto dan Lysbetti, 2016). Kedua penelitian tersebut telah mampu mengukur kecepatan angin aktual dan mengelompokkannya dalam beberapa level yang sama dengan penelitian ini. Inovasi yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu menggabungkan pengukuran aktual dengan data ramalan cuaca untuk memperingatkan masyarakat.



Gambar 4. Notifikasi ke Telegram

Bila dihubungkan dengan sistem peringatan dini terhadap bencana, penelitian ini mempunyai kesamaan topik dengan peringatan dini tsunami (Chatfield dan Brajawidagda, 2013) (Kanazawa, 2013) (Pinto dan Cipriano, 2014), gempa bumi (Allen, 2011) (Zollo dan Lancieri, 2007) (Mardiyono dan Suryanita, 2011), banjir (Mousa, Zhang dan Claudel, 2016), (Putra dkk., 2016) (Rahadianto, Fariza dan Hasim, 2015) (Febrianto, Fariza dan Hasim, 2016), dan tanah longsor (Baum dan Godt, 2010) (Jian dkk., 2015) (Kebaili dkk., 2016).

## **SIMPULAN**

Makalah ini menjelaskan tentang pembangunan sistem monitoring dan peringatan dini bahaya angin kencang menggunakan sensor angin dan data prakiraan cuaca. Semua fungsi termasuk pengukuran kecepatan angin, pemanen data prakiraan cuaca, dan sistem peringatan telah bekerja dengan baik. Sistem telah mampu mengukur kecepatan angin aktual, mengambil data prakiraan kecepatan angin dan suhu dari internet, menampilkan dalam tampilan running text, dan memberikan peringatan ke media sosial Telegram. Sistem ini telah berhasil menerapkan teknologi NBloT dan media sosial sehingga memberikan kontribusi yang inovatif bagi penelitian di bidang kebencanaan.

Pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan diintegrasikan pada sistem monitoring pemeliharaan pohon sebagai pelengkap pencegahan resiko bencana angin kencang yang sering menumbangkan pohon-pohon. Penggunaan kartu Near Field Communication (NFC), teknologi QR Code, dan android semakin membuat sistem ini mampu memberikan keunggulan dalam mitigasi bencana angin kencang yang berkaitan dengan ancaman pohon tumbang.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Allen, R. M. (2011) 'The ElarmS Earthquake Early Warning Methodology and Application across California', in *Earthquake Early Warning Systems*. Berlin: Springer, pp. 21–43.
- Baum, R. L. and Godt, J. W. (2010) 'Early warning of rainfall-induced shallow landslides and debris flows in the USA', *Landslide*, 7(1), pp. 259–272. doi: 10.1007/s10346-009-0177-0.
- Chatfield, A. T. and Brajawidagda, U. (2013) 'Twitter Early Tsunami Warning System : A Case Study in Indonesia ' s Natural Disaster Management', in *46th Hawaii International Conference on System Sciences Twitter*. Hawaii, pp. 2050–2060. doi: 10.1109/HICSS.2013.579.
- Febrianto, H., Fariza, A. and Hasim, J. A. N. (2016) 'Urban Flood Risk Mapping Using

- Analytic Hierarchy Process and Natural Break Classification', in *Knowledge Creation and Intelligent Computing (KCIC) Urban*, pp. 148–154.
- Jian, H. *et al.* (2015) '3D WebGIS-based platform for debris flow early warning: A case study', *Engineering Geology*. Elsevier B.V., 197, pp. 57–66. doi: 10.1016/j.enggeo.2015.08.013.
- Kanazawa, T. (2013) 'Japan Trench earthquake and tsunami monitoring network of cable-linked 150 ocean bottom observatories and its impact to earth disaster science', in *IEEE International Underwater Technology Symposium*, pp. 1–5.
- Kebaili, M. O. *et al.* (2016) 'Landsliding early warning prototype using MongoDB and Web of Things technologies', *Procedia Computer Science*. The Author(s), 98, pp. 578–583. doi: 10.1016/j.procs.2016.09.090.
- Mardiyono, M., Sari, R. E. and Dini, N. O. (2018) 'Wind Speed Monitoring and Alert System using Sensor and Weather Forecast', in *6th International Technical Conference*. Semarang, pp. 1–6.
- Mardiyono, M. and Suryanita, R. (2011) 'Prediction of Building Condition after Earthquake Using Artificial Neural Network', in *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri*. Pekanbaru, pp. 47–55.
- Mousa, M., Zhang, X. and Claudel, C. (2016) 'Flash Flood Detection in Urban Cities Using Ultrasonic and Infrared Sensors', *IEEE SENSORS JOURNAL*, 16(19), pp. 7204–7216.
- Nasir, H. M. *et al.* (2016) 'Wind Speed Detection System: Framework and Implementation', in *2016 International Conference on Information and Communication Technology (ICICTM)*. Kuala Lumpur, pp. 61–64.
- Pinto, D. and Cipriano, A. (2014) 'Tsunami early warning system architecture based on automation technologies', in *1st International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management*, pp. 1–5.
- Putra, R. *et al.* (2016) 'DESAIN DAN IMPLEMENTASI PERINGATAN DINI BANJIR MENGGUNAKAN DATA MINING DENGAN WIRELESS SENSOR NETWORK', *J. Nas. Tek. Elektro*, 5(2), pp. 181–191.
- Rahadianto, H., Fariza, A. and Hasim, J. A. N. (2015) 'Risk-Level Assessment System on Bengawan Solo River Basin Flood Prone Areas Using Analytic Hierarchy Process and Natural Breaks', in *International Conference on Data and Software Engineering*, pp. 195–200.
- Raudah, A., Ervianto, E. and Lysbetti, N. M. (2016) 'Jom FTEKNIK', 3, 3(1), pp. 1–11.
- Schmidlin, T. W. (2009) 'Human fatalities from wind-related tree failures in the United States, 1995–2007', *Nat. Hazard*, 50, pp. 13–25. doi: 10.1007/s11069-008-9314-7.
- Zollo, A. and Lancieri, M. (2007) 'Real-time Estimation of Earthquake Magnitude for Seismic Early Warning', in *Earthquake Early Warning Systems*. Berlin: Springer, pp. 45–63.