

PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI NOWCASTING DALAM MITIGASI BENCANA HIDROMETEOROLOGI

Erian Tasa^{1*}, Shendyko Wicaksono², Nurdin Wibowo³, Fahmi Khoirul Ichsan⁴, Ceppy Multi Anggara⁵, Any Widyawati⁶, Farid Faisal⁷, Tukiya⁸

¹Program Magister Teknik Informatika S-2, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia, 15417

e-mail: ¹erian.tasa@bmkgo.go.id

⁸Badan Riset dan Inovasi Nasional/Program Magister Teknik Informatika S-2, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia, 15417

Abstract

Bekasi City, West Java Province, possesses a high vulnerability to hydrometeorological disasters, particularly floods, resulting from factors such as high rainfall, land-use change, and topographical conditions involving large rivers. Currently, the monitoring system used by the Bekasi City BPBD (Regional Disaster Management Agency) still relies on CCTV and manual observation, which have limitations in automation, data integration, and response speed. To address this, the utilization of information technology, such as the Internet of Things (IoT) and Nowcasting systems, offers a solution for more responsive and real-time disaster mitigation. Nowcasting, as a precise short-term weather forecasting method, combines radar data, satellite imagery, and field observations to enhance the accuracy of extreme weather predictions. This research aims to introduce the application of IoT and radar technology within the disaster mitigation system in Bekasi City to improve the effectiveness of the early warning system and support rapid decision-making. Through community service activities, Master's students in Informatics Engineering from Pamulang University presented material on the implementation of Nowcasting and a water level monitoring system based on radar sensors and IoT. This activity also demonstrated the potential for developing predictive flood models using machine learning, such as Long Short-Term Memory (LSTM). The results indicate that integrating these systems can significantly enhance early flood detection capabilities. The collaboration between Pamulang University and the Bekasi City BPBD serves as a model of strategic synergy for disaster mitigation innovation.

Kata Kunci : *Nowcasting, Mitigasi Bencana, Bencana Hidrometeorologi, Sistem Peringatan Dini, Internet of Things (IoT), Radar, Machine Learning*

Abstrak

Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat, merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana hidrometeorologi, khususnya banjir. Kerentanan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor determinan, antara lain intensitas curah hujan yang tinggi, perubahan tata guna lahan yang masif, serta karakteristik topografi yang dilalui oleh sistem sungai berskala besar. Pada kondisi saat ini, sistem pemantauan yang dioperasikan oleh BPBD Kota Bekasi masih bertumpu pada penggunaan CCTV dan observasi manual. Kedua metode tersebut memiliki sejumlah keterbatasan, terutama dalam hal otomatisasi, integrasi data secara komprehensif, dan kecepatan penyampaian informasi yang dibutuhkan untuk respons darurat. Dalam konteks tersebut, pemanfaatan teknologi informasi modern—khususnya Internet of Things (IoT) dan sistem Nowcasting—menyediakan alternatif solusi yang mampu meningkatkan efektivitas mitigasi bencana secara lebih responsif dan real-time. Nowcasting, sebagai metode prakiraan cuaca jangka pendek yang berakurasi tinggi, memadukan data radar cuaca, citra satelit, serta observasi permukaan untuk memperoleh gambaran yang lebih presisi mengenai potensi kejadian cuaca ekstrem. Oleh karena itu, penerapan teknologi ini sangat relevan bagi wilayah dengan risiko hidrometeorologi tinggi seperti Kota Bekasi. Kajian ini bertujuan untuk memperkenalkan penerapan teknologi IoT dan radar dalam sistem

mitigasi bencana di Kota Bekasi, sekaligus mendorong peningkatan efektivitas sistem peringatan dini serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data. Melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat, mahasiswa Program Magister Teknik Informatika Universitas Pamulang menyampaikan materi terkait implementasi Nowcasting dan sistem pemantauan tinggi muka air berbasis sensor radar serta perangkat IoT. Selain itu, kegiatan ini turut menampilkan potensi pemanfaatan model prediksi banjir berbasis *machine learning*, khususnya algoritma Long Short-Term Memory (LSTM), sebagai pendekatan analitik untuk memperkuat sistem deteksi dini. Temuan awal menunjukkan bahwa integrasi teknologi-teknologi tersebut memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kemampuan deteksi dini banjir. Kolaborasi antara Universitas Pamulang dan BPBD Kota Bekasi dengan demikian dapat dipandang sebagai bentuk sinergi strategis dalam pengembangan inovasi mitigasi bencana yang berbasis teknologi informasi.

Keywords : Nowcasting, Disaster Mitigation, Hydrometeorological Disasters, Early Warning System, Internet of Things (IoT), Radar, Machine Learning

1. PENDAHULUAN

Kota Bekasi merupakan daerah yang dilintasi oleh Kali Bekasi dan merupakan pertemuan aliran Sungai Cileungsi dan Cikeas (Sriyono, 2020). Beberapa kecamatan yang terdapat di Kota Bekasi diidentifikasi sebagai daerah rawan banjir tinggi, antara lain Medan Satria, Bekasi Utara, Bekasi Barat, Bekasi Timur, dan Pondok Gede (Hafizhan & Priyana, 2020). Selain banjir, potensi bencana hidrometeorologi lain seperti angin kencang dan pohon tumbang juga menjadi ancaman, terutama menjelang dan selama musim penghujan. Kejadian banjir yang meluas di berbagai distrik pada awal Maret 2025 menjadi pemicu akan urgensi upaya mitigasi yang lebih efektif.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bekasi memegang peran sentral dalam upaya mitigasi dan penanggulangan bencana (Ardiana et al, 2024). Berbagai langkah telah dan terus dilakukan oleh BPBD Kota Bekasi untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan mengurangi risiko bencana. Meskipun demikian, kompleksitas dan frekuensi bencana hidrometeorologi menuntut peningkatan kapasitas dalam sistem peringatan dini yang lebih akurat dan responsif. persoalan tersebut, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bekasi memainkan peran penting dalam mitigasi dan pengendalian risiko bencana. Namun tantangan yang dihadapi membutuhkan dukungan teknologi informasi maju guna meningkatkan kecepatan dan akurasi sistem peringatan dini.

Sebagai manifestasi dari Tridharma Perguruan Tinggi: Pendidikan, Penelitian, dan Pengabdian kepada Masyarakat, Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Informatika Universitas Pamulang (UNPAM) bekerja sama dengan BMKG melalui Mahasiswa-mahasiswanya yang sedang menempuh Pendidikan di Fakultas Teknik Informatika S2, hadir memberikan kontribusi nyata melalui program PKM ini. Dengan mengoptimalkan Sistem Informasi Nowcasting BMKG (nowcasting.bmkg.go.id), yang menyediakan data cuaca real-time dan peringatan dini, dimana sistem ini menyediakan peringatan cuaca waktu nyata (real-time) dan informasi nowcasting, termasuk data mengenai wilayah yang sedang mengalami hujan sedang/lebat, kilat/petir, dan angin kencang, lengkap dengan durasi dan wilayah cakupan (Ali et al, 2021). Informasi ini sangat krusial untuk pengambilan keputusan cepat dalam penanganan bencana.

Pemanfaatan optimal Sistem Informasi Nowcasting BMKG oleh BPBD Kota Bekasi memiliki potensi besar untuk meningkatkan efektivitas upaya mitigasi bencana hidrometeorologi. Dengan mengintegrasikan data nowcasting yang akurat, BPBD dapat memberikan peringatan dini yang lebih tepat waktu, mengarahkan sumber daya secara lebih efisien, serta mengoordinasikan respons darurat dengan lebih baik, sehingga mampu meminimalisir dampak bencana dan melindungi keselamatan masyarakat Kota Bekasi. Melalui kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini, tim pengusul berkomitmen untuk memberikan solusi teknologi yang aplikatif dan berkelanjutan,

sekaligus meningkatkan kesiapsiagaan bencana di Kota Bekasi.

Universitas Pamulang sebagai institusi pendidikan tinggi yang memiliki visi memperkuat peran serta ilmu pengetahuan dan teknologi bagi pembangunan masyarakat, mendukung penuh pelibatan mahasiswa dalam kegiatan pengabdian berbasis teknologi informasi ini. Pelatihan dan pendampingan yang diberikan diharapkan memperkuat kapasitas petugas BPBD dan masyarakat dalam menghadapi ancaman bencana hidrometeorologi secara lebih responsif dan adaptif (Cordiaz, 2017).

2. METODE

Metode yang diterapkan dalam kegiatan ini bertujuan untuk memastikan efektivitas pelaksanaan pengabdian masyarakat dan pencapaian tujuan yang diinginkan. Beberapa metode yang digunakan antara lain:

1. Sosialisasi Interaktif melalui Presentasi dan Diskusi. Kegiatan ini dilaksanakan melalui penyampaian materi secara interaktif untuk meningkatkan pemahaman peserta terhadap konsep dan penerapan teknologi Sistem Informasi Nowcasting. Peserta diberikan kesempatan untuk berdialog dan berdiskusi secara langsung mengenai pemanfaatan teknologi tersebut dalam mendukung mitigasi bencana hidrometeorologi di Kota Bekasi.
2. Pelatihan Penggunaan Sistem Pemantauan Berbasis Nowcasting Pada tahap ini peserta diberikan pelatihan teknis terkait penggunaan sistem pemantauan berbasis data real-time dari Nowcasting BMKG. Melalui bimbingan langsung, peserta dilatih dalam memahami cara mengakses, membaca, dan menginterpretasikan informasi cuaca serta peringatan dini yang dihasilkan oleh sistem, sehingga mampu menggunakannya secara mandiri dalam kegiatan operasional BPBD.
3. Diskusi Evaluatif dan Umpan Balik Peserta. Kegiatan ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat pemahaman peserta setelah mengikuti pelatihan.

Melalui sesi diskusi evaluatif, peserta dapat menyampaikan pengalaman, hambatan, dan saran terkait penerapan teknologi Nowcasting di lapangan. Hasil dari sesi ini menjadi bahan masukan untuk penyempurnaan kegiatan pengabdian dan pengembangan sistem di masa mendatang.

2.1 Tempat dan Waktu

Kegiatan ini akan dilaksanakan dengan rincian sebagai berikut:

- Hari/Tanggal: Kamis, 16 Oktober 2025
- Waktu: 09.00 – 12.00 WIB
- Tempat: Ruang Edukasi, Kantor BPBD Kota Bekasi

Tempat ini dipilih untuk memastikan aksesibilitas yang mudah bagi para peserta, serta memungkinkan interaksi langsung antara peserta dengan penyaji materi dan demonstrasi sistem.

2.2 Responden Sampel

Kegiatan ini dirancang untuk melibatkan berbagai pihak yang terkait langsung dengan upaya mitigasi bencana di Kota Bekasi. Khalayak sasaran kegiatan ini mencakup:

1. Staf Teknis dan Struktural BPBD Kota Bekasi. Peserta utama dalam kegiatan ini adalah staf teknis yang bertanggung jawab langsung dalam pengoperasian sistem pemantauan banjir serta pengambilan keputusan terkait penanganan bencana. Mereka akan mendapatkan pemahaman yang lebih dalam mengenai teknologi baru yang dapat meningkatkan kemampuan mereka dalam memonitor dan mengelola potensi banjir.
2. Dosen dan Mahasiswa Program Magister Teknik Informatika Universitas Pamulang. Dosen dan mahasiswa yang terlibat akan memberikan wawasan akademis tentang penerapan teknologi *IoT* dan *Nowcasting* dalam mitigasi bencana.

Keterlibatan mereka diharapkan dapat memperkaya perspektif teknis dalam pemecahan masalah yang dihadapi BPBD Kota Bekasi.

Bagian ini menjelaskan tentang jenis pengabdian kepada masyarakat, lokasi dan waktu, populasi dan sampel, teknik sampling, teknik pengumpulan data, analisis data, dan penyajian data. Pengabdian kepada masyarakat yang menggunakan alat dan bahan, perlu menuliskan spesifikasi alat dan bahan yang digunakan. Penulisan menggunakan TNR 11 point (tegak) dengan spasi 1 atau single. Dalam bab ini dapat juga dicantumkan rumus ilmiah yang digunakan untuk analisis data/uji korelasi.

3. HASIL

Sistem *Nowcasting* yang dikelola oleh BMKG dapat memberikan informasi cuaca dalam waktu yang sangat pendek (0–6 jam), yang sangat berguna untuk prediksi kejadian cuaca ekstrem yang dapat memicu bencana seperti banjir, puting beliung, dan angin kencang. Melalui kegiatan ini, BPBD Kota Bekasi diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan teknologi ini dalam sistem peringatan dini mereka, yang akan mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat. Kegiatan ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang mencakup:

- Pengenalan sistem dan teori dasar tentang *Nowcasting* dan radar cuaca.
- Integrasi teknologi *IoT* untuk pemantauan tinggi muka air secara real-time.
- Pelatihan bagi BPBD untuk memanfaatkan teknologi ini secara optimal dalam pengelolaan bencana.

3.1 Implementasi

Konsep dasar dari sistem *Nowcasting*, yang merupakan suatu metode untuk memprediksi cuaca ekstrem dalam jangka waktu sangat pendek, yaitu dalam rentang waktu 0–6 jam ke depan. Informasi cuaca yang diberikan oleh

Nowcasting sangat berguna sebagai peringatan dini jika terdeteksi potensi cuaca ekstrem yang dapat terjadi dalam beberapa jam ke depan. Berikut adalah rincian penjelasan setiap bagian gambar:

1. Pengertian *Nowcasting*:

Nowcasting adalah sistem prakiraan cuaca yang memberikan informasi terkini mengenai kondisi cuaca saat ini dan prakiraan cuaca ekstrem untuk jangka waktu singkat, yaitu 0–6 jam ke depan. Sistem ini digunakan untuk memprediksi cuaca dengan sangat cepat, yang berfungsi untuk memberikan peringatan dini bagi masyarakat dan lembaga terkait agar dapat segera melakukan tindakan antisipasi, seperti evakuasi atau penutupan area yang berisiko tinggi.



Gambar 1. *Nowcasting* dan Prakiraan Cuaca

2. Pembagian Waktu dan Fase Dalam *Nowcasting*

Gambar 1 juga memperlihatkan pembagian waktu dalam proses *Nowcasting*.

Proses prakiraan cuaca ini dimulai dengan tahap Persiapan (-1 jam), di mana data dari radar, satelit, dan pos pengamatan dianalisis untuk mendeteksi potensi cuaca ekstrem. Fase utamanya adalah *Nowcasting* (0-6 jam), yang memprediksi cuaca ekstrem seperti hujan deras atau angin kencang dalam rentang waktu sangat singkat (0 hingga 6 jam ke depan), yang sangat penting untuk peringatan dini dan tindakan mitigasi segera. Setelah periode tersebut, prakiraan berlanjut ke fase Prakiraan Cuaca (>6 jam), yang mencakup prediksi cuaca untuk jangka waktu lebih panjang, seperti harian hingga beberapa hari ke depan.

3. Pentingnya *Nowcasting* dalam Mitigasi Bencana

Informasi yang diberikan oleh *Nowcasting* sangat penting karena memberikan prediksi cuaca dalam waktu dekat yang sangat dibutuhkan untuk peringatan dini. Dengan adanya peringatan dini tentang potensi cuaca ekstrem, BPBD dan masyarakat bisa melakukan langkah-langkah preventif lebih awal untuk mengurangi dampak negatif yang mungkin terjadi, seperti banjir, angin puting beliung, atau petir yang dapat membahayakan keselamatan.

3.1.1 Waktu Pemberian Informasi Peringatan Dini *Nowcasting*

Waktu informasi peringatan dini dari sistem *Nowcasting* diberikan kepada masyarakat dan pihak terkait, seperti BPBD.



Gambar 2. Informasi Peringatan Dini *Nowcasting*

Berikut adalah penjelasan lebih detail mengenai gambar ini:

1. Waktu Penerbitan Produk *Nowcasting*

Produk *Nowcasting* dikeluarkan oleh BMKG setiap kali terdeteksi adanya potensi cuaca ekstrem dalam waktu dekat, yang berisiko menyebabkan bencana alam seperti banjir atau angin kencang. Sistem ini memberikan perkiraan cuaca dalam rentang waktu 0 hingga 6 jam ke depan, yang sangat penting untuk peringatan dini. Ini memungkinkan BPBD untuk segera merespons dengan tindakan yang diperlukan.

2. Pembaruan Informasi Setiap Jam

Update informasi *Nowcasting* dilakukan setiap jam sekali atau lebih cepat jika kondisi cuaca

berubah secara signifikan. Jika ada perubahan drastis dalam kondisi cuaca, BMKG dapat memperbarui peringatan untuk memberikan informasi yang lebih tepat dan terkini. Ini memastikan bahwa BPBD dan masyarakat selalu mendapatkan data cuaca yang akurat dan relevan dalam menghadapi potensi cuaca ekstrem.

3. Perkiraan 0-6 Jam ke Depan

Informasi yang diberikan oleh *Nowcasting* berlaku untuk periode 0 hingga 6 jam ke depan, dimulai sejak waktu pembuatan informasi tersebut. Artinya, sistem ini memberikan informasi cuaca ekstrem dalam waktu sangat singkat, yang sangat berguna bagi BPBD untuk mengantisipasi dan menanggulangi bencana dengan lebih efektif.

4. Pembaruan Berkala dalam Sehari

Karena cuaca bisa berubah dalam waktu singkat, *Nowcasting* akan diperbarui beberapa kali dalam sehari, tergantung pada dinamika cuaca yang terjadi. Pembaruan ini memastikan bahwa informasi yang diberikan oleh BMKG selalu mencerminkan kondisi cuaca terkini dan memungkinkan tindakan mitigasi yang lebih tepat waktu.

5. Tampilan Produk Peringatan Dini

Pada gambar ini, kita juga dapat melihat contoh tampilan peringatan dini dari *Nowcasting* yang dikeluarkan BMKG. Dalam contoh tersebut, peringatan dini mencakup informasi mengenai hujan sedang-lebat yang diperkirakan terjadi di wilayah tertentu (misalnya, wilayah Kabupaten Bogor). Di samping itu, peta cuaca juga menunjukkan wilayah yang terkena dampak serta waktu peringatan yang berlaku. Informasi peringatan dini yang diberikan oleh *Nowcasting* sangat krusial dalam membantu BPBD Kota Bekasi dan masyarakat untuk mengantisipasi cuaca ekstrem. Dengan mengetahui kapan cuaca ekstrem diperkirakan terjadi dan area yang terkena dampak, BPBD

dapat merencanakan respons yang cepat, seperti evakuasi masyarakat, penutupan jalan, atau pengalihan aktivitas untuk mencegah kerugian akibat bencana. Pembaruan informasi setiap jam memastikan bahwa keputusan yang diambil berdasarkan data cuaca yang paling akurat dan relevan.

3.1.2 Waktu Berlakunya *Nowcasting*

Tiga konsep utama yang terkait dengan informasi peringatan dini *Nowcasting*, yaitu waktu pembuatan, waktu berlaku, dan waktu berakhir. Masing-masing waktu ini sangat penting untuk mengatur dan menentukan durasi serta masa berlaku dari peringatan cuaca ekstrem yang dikeluarkan oleh BMKG.

1. Waktu Pembuatan

Waktu pembuatan merujuk pada waktu saat prakiraan cuaca dibuat oleh BMKG. Ini adalah saat di mana informasi peringatan dini mulai diproses dan disusun berdasarkan data yang tersedia, seperti data radar cuaca, citra satelit, dan pengamatan lapangan. Sebagai contoh, pada gambar di bawah, waktu pembuatan adalah pukul 16:45 WIB.

Waktu pembuatan ini membantu pengguna sistem, seperti BPBD, mengetahui kapan data peringatan ini dihasilkan dan memastikan bahwa mereka mendapatkan informasi terkini mengenai potensi cuaca ekstrem.

2. Waktu Berlaku

Waktu berlaku menunjukkan periode di mana peringatan dini cuaca ekstrem mulai berlaku. Ini adalah saat pertama kali cuaca ekstrem diperkirakan akan terjadi di wilayah tertentu. Dalam contoh gambar, waktu berlaku adalah 17:15 WIB untuk wilayah Kabupaten Bogor, dan menunjukkan bahwa cuaca ekstrem (seperti hujan lebat atau angin kencang) mulai dapat mempengaruhi area tersebut. Waktu berlaku sangat penting bagi BPBD dan masyarakat untuk mengetahui kapan mereka harus mulai mengambil tindakan mitigasi. Misalnya, jika

ada potensi banjir akibat hujan lebat yang diperkirakan, BPBD bisa mulai mempersiapkan langkah-langkah evakuasi atau pengalihan arus kendaraan. Waktu ini memberi sinyal bahwa kondisi cuaca yang berisiko mulai terjadi.

3. Waktu Berakhir

Waktu berakhir menunjukkan waktu terakhir di mana peringatan cuaca ekstrem masih berlaku, yaitu ketika cuaca ekstrem yang diperkirakan telah berakhir dan tidak lagi menimbulkan ancaman. Pada gambar ini, waktu berakhir tercatat pada 20:15 WIB. Waktu berakhir membantu BPBD dan masyarakat mengetahui kapan peringatan tersebut tidak lagi relevan dan dapat menghentikan langkah-langkah mitigasi yang telah dilakukan. Waktu ini juga penting untuk memberi tahu masyarakat bahwa kondisi cuaca ekstrem telah berakhir dan mereka dapat kembali beraktivitas secara normal.



Gambar 3. Peringatan Dini

Pada gambar ini, BMKG mengeluarkan peringatan dini mengenai hujan sedang-lebat dan angin kencang di wilayah Jabodetabek pada 14 Oktober 2025, yang diperkirakan berlangsung dari 16:45 WIB hingga 20:15 WIB. Peta juga menunjukkan area yang terdampak peringatan dini, seperti wilayah Kabupaten Bogor yang meliputi beberapa kecamatan, dan memberikan informasi lebih lanjut mengenai kondisi cuaca yang dapat meluas ke wilayah lain.

Dengan adanya pembaruan ini, BPBD dan masyarakat dapat lebih siap menghadapi cuaca ekstrem yang diperkirakan. Informasi yang diberikan mencakup lokasi yang akan terdampak, waktu mulai dan berakhirnya peringatan, serta kondisi cuaca yang diperkirakan terjadi. Semua informasi ini memungkinkan BPBD untuk menyusun

rencana mitigasi dan penyelamatan dengan lebih tepat waktu dan terstruktur.

3.1.3 Pembagian Wilayah *Nowcasting*

Pembagian wilayah berdasarkan informasi cuaca yang diberikan oleh sistem *Nowcasting* BMKG, dengan menggunakan tiga kategori utama: wilayah peringatan dini, wilayah potensi meluas, dan wilayah tidak terdampak. Berikut adalah penjelasan detail dari setiap kategori yang ditampilkan dalam gambar:

1. Wilayah Peringatan Dini

Wilayah peringatan dini adalah area yang diperkirakan sedang mengalami cuaca ekstrem dalam waktu dekat. Area ini diberi tanda warna oranye pada peta. Peringatan dini untuk wilayah ini menunjukkan bahwa kondisi cuaca ekstrem, seperti hujan lebat, angin kencang, atau petir, sudah atau akan terjadi dalam waktu sangat singkat (0-6 jam). Wilayah yang masuk dalam kategori peringatan dini ini adalah yang paling terancam oleh cuaca ekstrem.

BPBD dan masyarakat di wilayah ini perlu segera melakukan langkah-langkah antisipasi, seperti menyiapkan tempat perlindungan, mengamankan barang, atau bahkan melakukan evakuasi jika diperlukan. Peta ini memberi tahu BPBD wilayah mana yang perlu mendapat perhatian lebih.

2. Wilayah Potensi Meluas

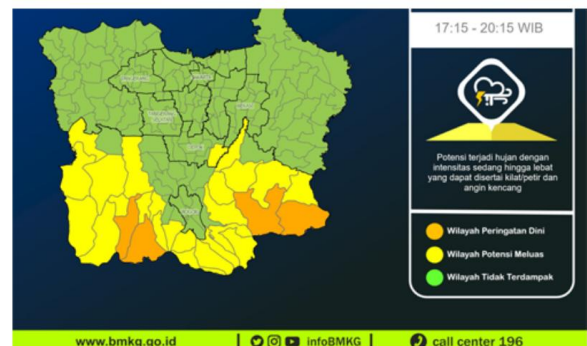
Wilayah potensi meluas adalah area yang berpotensi untuk terpengaruh oleh cuaca ekstrem dalam periode waktu yang lebih lama. Wilayah ini ditandai dengan warna kuning pada peta. Meskipun cuaca ekstrem belum terjadi di area ini, namun berdasarkan analisis *Nowcasting*, wilayah ini berisiko untuk mengalami perpanjangan atau perluasan dari kondisi cuaca ekstrem yang terjadi di wilayah lain.

Wilayah potensi meluas ini menjadi area yang perlu dipantau lebih lanjut. BPBD harus bersiap untuk melakukan tindakan jika kondisi cuaca

ekstrem menyebar ke wilayah ini. Meskipun tidak ada cuaca ekstrem yang terjadi di sini pada saat itu, antisipasi perlu dilakukan untuk mencegah risiko yang lebih besar, seperti banjir atau kerusakan akibat angin kencang yang bisa meluas.

3. Wilayah Tidak Terkena Dampak

Wilayah tidak terdampak adalah area yang tidak termasuk dalam wilayah peringatan dini maupun wilayah potensi meluas. Artinya, wilayah ini tidak diperkirakan akan mengalami cuaca ekstrem dalam waktu dekat. Peta menunjukkan wilayah ini dengan warna hijau atau warna lain yang menandakan tidak adanya risiko cuaca ekstrem. Meskipun wilayah ini tidak terancam oleh cuaca ekstrem, BPBD dan masyarakat tetap harus memperhatikan perkembangan cuaca dan tetap waspada, mengingat cuaca bisa berubah sewaktu-waktu. Wilayah ini tidak perlu tindakan mitigasi yang mendesak, tetapi tetap perlu memantau situasi untuk memastikan keselamatan.



Gambar 4. Pembagian Wilayah Peta Peringatan Dini

Peta yang ditampilkan di bagian gambar menunjukkan pembagian wilayah berdasarkan informasi *Nowcasting* yang telah diberikan oleh BMKG. Dalam peta tersebut, wilayah Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi) diperlihatkan dengan pembagian warna untuk masing-masing kategori:

- Oranye: Wilayah Peringatan Dini

- Kuning: Wilayah Potensi Meluas
- Hijau: Wilayah Tidak Terkena Dampak

Dengan adanya pembagian warna yang jelas ini, BPBD dapat lebih mudah menentukan wilayah mana yang membutuhkan perhatian lebih dan lebih cepat dalam mengambil langkah-langkah mitigasi. Peta ini membantu BPBD untuk membuat keputusan yang lebih cepat dan akurat tentang tindakan yang perlu diambil berdasarkan kondisi cuaca terkini. Dengan memahami pembagian wilayah yang terancam, BPBD dapat lebih efektif dalam menyiapkan segala sumber daya untuk merespons potensi bencana yang mungkin timbul.

3.1.4 Perbandingan Data Radar dan Nowcasting



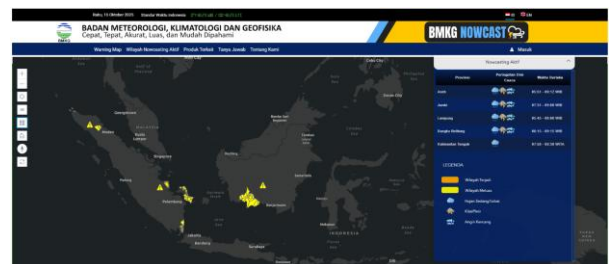
Gambar 5. Perbandingan Data Radar dan Nowcasting

Gambar ini membandingkan data yang diperoleh dari radar cuaca dan informasi yang diberikan oleh sistem *Nowcasting* yang dikeluarkan oleh BMKG. Gambar ini bertujuan untuk menjelaskan perbedaan antara dua jenis data tersebut dalam hal akurasi, tujuan penggunaan, dan aplikasinya untuk mitigasi bencana.

3.1.5 Penjelasan Tampilan Web Nowcasting BMKG dan Fungsinya dalam Mitigasi Bencana

Tampilan web *Nowcasting* BMKG menyediakan informasi terkini mengenai peringatan dini cuaca ekstrem, yang sangat penting dalam upaya mitigasi bencana di Indonesia. Web ini menampilkan peta dan informasi peringatan cuaca yang membantu masyarakat serta instansi terkait seperti BPBD

(Badan Penanggulangan Bencana Daerah) untuk merespons potensi cuaca ekstrem dengan cepat dan tepat waktu. Dengan adanya informasi yang diberikan oleh BMKG melalui sistem *Nowcasting*, kita dapat mengetahui secara lebih akurat kapan dan di mana cuaca ekstrem diperkirakan terjadi dalam waktu singkat, yakni 0–6 jam ke depan. Peta yang ditampilkan dan rincian waktu berlaku dari peringatan dini ini sangat membantu dalam merencanakan tindakan mitigasi, mengurangi potensi kerusakan, dan meningkatkan kesiapsiagaan terhadap bencana.



Gambar 6. Tampilan Web Nowcasting

1. Peta Wilayah Terkena Peringatan Dini dan Wilayah Potensi Meluas

Peta pada tampilan web *Nowcasting* menampilkan berbagai wilayah yang terancam oleh cuaca ekstrem dalam waktu dekat. Wilayah yang terkena peringatan dini ditandai dengan warna kuning yang mencolok. Peta ini memberikan gambaran visual yang jelas tentang area yang diperkirakan akan terpengaruh oleh hujan lebat, angin kencang, atau fenomena cuaca ekstrem lainnya. Wilayah yang berpotensi meluas dari kondisi cuaca ekstrem juga ditampilkan, meskipun pada tahap ini cuaca ekstrem tersebut belum terjadi, namun risiko meluasnya dampak cuaca ekstrem masih ada.

Misalnya, dalam peta, wilayah di sekitar Aceh atau Sumatera yang mengalami hujan lebat atau angin kencang diberi tanda peringatan kuning. Hal ini menunjukkan bahwa warga dan pihak terkait di wilayah tersebut perlu mempersiapkan langkah-langkah mitigasi, seperti menyiapkan tempat evakuasi atau melakukan pengalihan

aktivitas luar ruangan yang berisiko terkena dampak cuaca ekstrem.

2. Informasi Peringatan Dini untuk Setiap Wilayah

Di samping peta cuaca, tampilan web *Nowcasting* juga menyediakan informasi rinci tentang peringatan dini cuaca untuk setiap provinsi. Informasi ini mencakup waktu yang berlaku untuk peringatan tersebut dan jenis cuaca ekstrem yang diperkirakan akan terjadi. Sebagai contoh, dalam peta yang ditampilkan pada gambar, *Nowcasting* menunjukkan peringatan dini untuk wilayah Aceh, Jambi, Lampung, Bangka Belitung, dan Kalimantan Tengah, dengan masing-masing waktu berlaku yang spesifik.

- Di Aceh, peringatan dini berlaku dari 05:51 WIB hingga 09:12 WIB, dengan potensi hujan lebat dan kilat/petir.
- Di Jambi, peringatan berlaku dari 07:31 WIB hingga 09:00 WIB, dengan jenis peringatan yang sama.

Informasi mengenai waktu berlaku peringatan ini sangat penting bagi BPBD dan masyarakat untuk menentukan kapan waktu yang tepat untuk melakukan langkah-langkah antisipasi. Dengan adanya informasi yang jelas mengenai durasi peringatan, pihak terkait dapat merencanakan tindakan yang tepat, seperti menunda aktivitas luar ruangan atau mengevakuasi warga dari area yang berisiko.

Selain itu, informasi mengenai jenis cuaca ekstrem yang diharapkan, seperti hujan lebat disertai petir, memberikan gambaran mengenai potensi kerusakan yang bisa ditimbulkan. Misalnya, hujan lebat bisa menyebabkan banjir, sedangkan angin kencang dapat merusak bangunan atau menyebabkan pohon tumbang. Oleh karena itu, pemahaman mengenai jenis peringatan yang diberikan sangat krusial dalam menentukan respons yang tepat.

3. Penggunaan Legenda untuk Memahami Peta dengan Lebih Jelas

Untuk memudahkan pemahaman, web *Nowcasting* dilengkapi dengan legenda yang memberikan penjelasan tentang warna yang digunakan pada peta dan simbol yang ada. Legenda ini sangat membantu pengguna untuk mengidentifikasi wilayah yang terancam, serta memahami apa yang perlu dilakukan berdasarkan informasi yang diberikan.

- Wilayah Terjadi (Warna Kuning): Wilayah yang terkena peringatan dini karena cuaca ekstrem, seperti hujan lebat atau angin kencang. Wilayah ini memerlukan perhatian segera, dan BPBD perlu mempersiapkan langkah-langkah mitigasi untuk mencegah kerusakan atau kerugian yang lebih besar.
- Wilayah Potensi Meluas (Warna Hijau): Wilayah yang berpotensi terkena dampak cuaca ekstrem dalam waktu dekat. Meskipun tidak ada peringatan dini untuk wilayah ini, potensi meluasnya dampak cuaca ekstrem dapat terjadi, dan warga serta instansi terkait perlu waspada.
- Wilayah Tidak Terdampak (Warna Biru): Wilayah yang saat itu tidak terancam oleh cuaca ekstrem dan tidak perlu melakukan tindakan mitigasi segera.

Legenda ini memungkinkan pengguna untuk dengan cepat memahami situasi cuaca dan memprioritaskan respons berdasarkan kategori yang ada. BPBD, misalnya, dapat menggunakan informasi ini untuk menentukan wilayah mana yang perlu diprioritaskan dalam hal evakuasi atau pengamanan infrastruktur. Hal ini mempercepat pengambilan keputusan dan mengurangi waktu tanggap bencana.

4. Pemantauan dan Pembaruan Secara Real-time

Keunggulan utama dari sistem *Nowcasting* adalah kemampuannya untuk memberikan pembaruan secara real-time. Peta cuaca yang ditampilkan di web selalu diperbarui berdasarkan data terkini dari radar cuaca, satelit, dan pengamatan lapangan. Hal ini memungkinkan BMKG untuk memberikan informasi yang selalu relevan dan akurat mengenai cuaca ekstrem yang sedang atau akan terjadi.

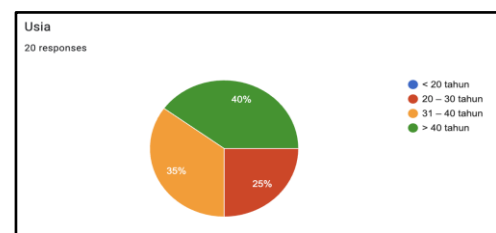
Informasi yang diperbarui secara terus-menerus memastikan bahwa BPBD dan masyarakat mendapatkan data terbaru yang memungkinkan mereka untuk segera mengambil tindakan yang diperlukan. Sebagai contoh, jika ada perubahan mendadak dalam kondisi cuaca, seperti peralihan dari hujan lebat menjadi angin kencang, *Nowcasting* akan segera memberikan pembaruan peringatan untuk wilayah yang terpengaruh, sehingga respons yang cepat dapat dilakukan.

5. Kesimpulan: Peran Web *Nowcasting* dalam Mitigasi Bencana

Tampilan web *Nowcasting* BMKG memberikan gambaran yang jelas dan terperinci mengenai kondisi cuaca ekstrem yang sedang atau akan terjadi dalam waktu dekat. Dengan menggunakan peta yang dilengkapi dengan warna dan legenda, serta informasi yang jelas tentang waktu berlaku dan jenis cuaca ekstrem, web ini memungkinkan BPBD dan masyarakat untuk merespons dengan cepat dan tepat terhadap potensi bencana. Informasi yang diberikan oleh *Nowcasting* membantu dalam pengambilan keputusan yang tepat waktu dan membantu mengurangi kerugian serta dampak dari cuaca ekstrem. Sebagai sistem peringatan dini yang berbasis data real-time, *Nowcasting* menjadi alat yang sangat penting dalam mitigasi bencana di Indonesia.

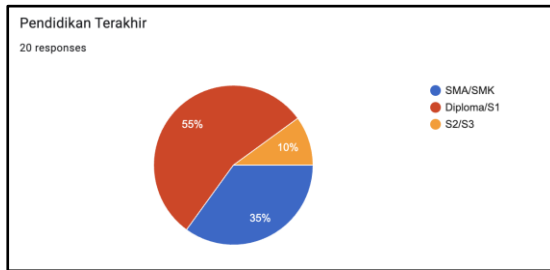
4. PEMBAHASAN

Bagian ini menguraikan interpretasi mendalam terhadap hasil evaluasi kegiatan yang telah dipaparkan sebelumnya. Fokus utama pembahasan adalah menganalisis efektivitas transfer teknologi sistem informasi *Nowcasting* dan pemantauan berbasis radar dalam konteks mitigasi bencana hidrometeorologi di lingkungan BPBD Kota Bekasi. Analisis ini tidak hanya meninjau capaian statistik semata, melainkan mengelaborasi implikasi temuan tersebut terhadap kesiapsiagaan operasional, yang disandingkan dengan kerangka teoretis yang relevan serta temuan empiris dari penelitian terdahulu. Uraian berikut dikelompokkan berdasarkan dimensi indikator utama untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai dampak kegiatan terhadap peningkatan kapasitas mitra dalam manajemen kebencanaan.



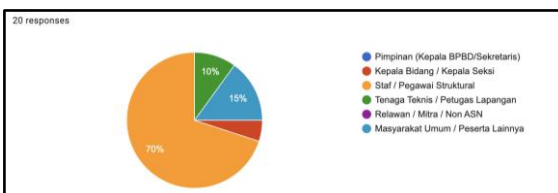
Gambar 7 Grafik usia peserta

Pada gambar 7, komposisi usia peserta menunjukkan bahwa kegiatan ini diikuti oleh individu yang berada pada fase produktif dalam pengambilan keputusan dan respons bencana. Peserta dalam kelompok usia tersebut umumnya memiliki kapasitas adaptasi yang baik terhadap teknologi baru, termasuk sistem *Nowcasting*. Literatur kebencanaan menegaskan bahwa kelompok usia dewasa produktif memiliki kecenderungan lebih cepat memahami instrumen teknis dibanding kelompok usia yang terlalu muda atau terlalu senior (BNPB, 2022). Kondisi ini ikut berkontribusi pada efektivitas penyampaian materi yang memerlukan pemahaman tentang dinamika atmosfer dan interpretasi data radar.



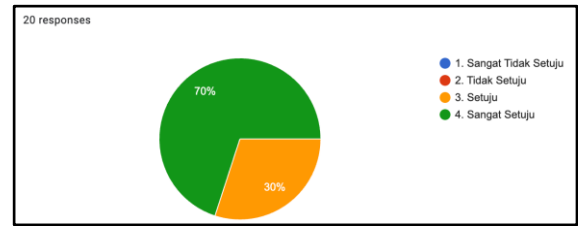
Gambar 8 Pendidikan Terakhir

Latar belakang pendidikan peserta pada gambar 8 menunjukkan kesiapan kognitif untuk menerima materi teknis yang melibatkan konsep meteorologi operasional dan teknologi informasi. Peserta dengan tingkat pendidikan menengah ke atas umumnya memiliki fondasi analitis yang memadai untuk menafsirkan data cuaca berbasis radar dan citra satelit. Hasil ini relevan dengan temuan Fitriani dan Lestari (2022) yang menyatakan bahwa literasi akademik turut mempercepat proses internalisasi konsep pemantauan cuaca ekstrem. Dengan demikian, tingkat pendidikan peserta menjadi salah satu faktor yang mendukung kelancaran transfer pengetahuan pada kegiatan ini.



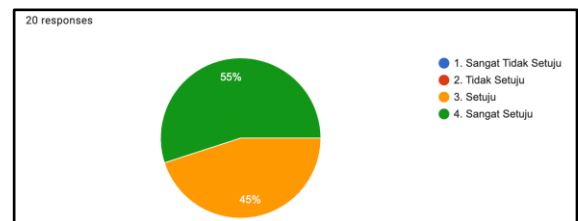
Gambar 9, Grafik Jabatan Peserta

Sebagian besar peserta berasal dari jabatan fungsional dan operasional yang langsung berkaitan dengan manajemen risiko bencana. Hal ini terlihat pada grafik jabat peserta. Kondisi ini menguatkan relevansi kegiatan, mengingat teknologi Nowcasting dan sensor radar merupakan alat yang lebih banyak digunakan oleh petugas lapangan dibanding pejabat struktural. Widyawati (2025) menunjukkan bahwa keberhasilan pemanfaatan sistem informasi meteorologi sangat bergantung pada kompetensi SDM lapangan dalam membaca dan menindaklanjuti informasi cuaca jangka pendek. Oleh karena itu, keterlibatan kelompok jabatan tersebut mencerminkan bahwa pelatihan ini mengenai sasaran yang tepat.



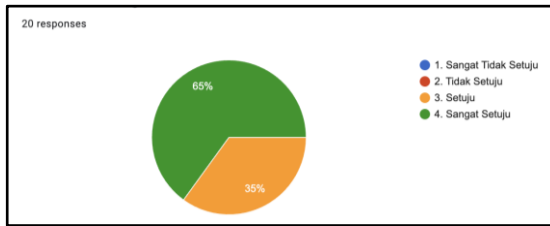
Gambar 10. Grafik Kesesuaian Materi dengan Kebutuhan BPBD

Respons positif peserta memperlihatkan bahwa materi pelatihan selaras dengan kebutuhan institusional dalam menangani bencana hidrometeorologi sebagaimana pada gambar 10. Tingginya persepsi kesesuaian materi menunjukkan adanya kesenjangan pengetahuan sebelumnya yang berhasil dipenuhi, terutama dalam aspek interpretasi cepat fenomena cuaca. Hidayat dan Winarno (2020) menyatakan bahwa kendala nyata dalam implementasi teknologi kebencanaan bukan pada alat, tetapi pada kurangnya pemahaman pengguna. Dengan demikian, kegiatan ini berfungsi sebagai intervensi substantif yang menjembatani kebutuhan operasional dengan kapasitas teknis aparatur.



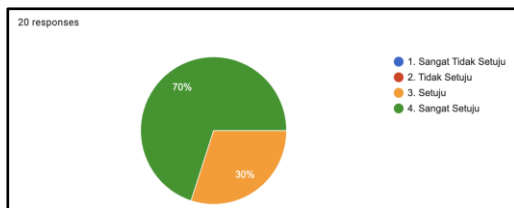
Gambar 11. Grafik Pemahaman Sistem Informasi Nowcasting

Gambar 11, menjelaskan tingkat penerimaan peserta terhadap penjelasan mengenai Nowcasting menunjukkan bahwa metode pemaparan telah mampu menyederhanakan konsep meteorologis yang kompleks menjadi bentuk operasional yang dapat dipahami. BMKG (2024) menjelaskan bahwa visualisasi berbasis radar, probabilitas konvektif, dan prakiraan jangka pendek memang dirancang agar dapat digunakan oleh instansi non-meteorologi. Dengan demikian, peningkatan pemahaman peserta memberikan indikasi bahwa desain edukasi sudah sesuai dengan prinsip *user-centered meteorological communication*.



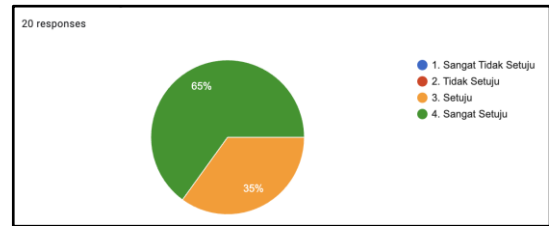
Gambar 12. Grafik Pemahaman Sistem Pemantauan Tinggi Muka Air Berbasis Radar & IoT

Respon peserta menunjukkan apresiasi yang tinggi terhadap teknologi pemantauan tinggi muka air (Gambar 12). Hal ini menunjukkan bahwa peserta menilai teknologi tersebut relevan dengan karakteristik wilayahnya yang rentan terhadap banjir. Temuan ini sejalan dengan studi Cahyono dan Prasetyo (2021), yang membuktikan bahwa perangkat IoT dan radar meningkatkan akurasi pemantauan dan mempercepat deteksi kondisi kritis sungai di wilayah perkotaan. Dengan demikian, kegiatan ini memperkuat kesiapan adaptasi teknologi dalam mitigasi banjir berbasis sistem otomatisasi.



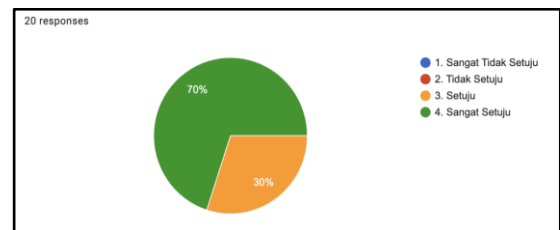
Gambar 13. Grafik Penilaian terhadap Kemampuan Narasumber

Penilaian yang sangat positif terhadap narasumber menunjukkan bahwa strategi penyajian—berbasis contoh kasus, demonstrasi langsung, dan aplikasi operasional—telah efektif meningkatkan pemahaman peserta. BMKG (2024) memberi rekomendasi bahwa pelatihan terkait sistem peringatan dini harus menggabungkan teori dan demonstrasi visual agar mudah dipahami oleh peserta non-meteorologi (Gambar 13). Dengan demikian, efektivitas narasumber dalam menyampaikan materi berkontribusi besar pada keberhasilan kegiatan.



Gambar 14. Grafik Penambahan Pengetahuan tentang Mitigasi Bencana Hidrometeorologi

Peningkatan pengetahuan yang dirasakan peserta memperlihatkan bahwa kegiatan ini berperan sebagai penguatan kapasitas kelembagaan dalam menghadapi risiko hidrometeorologi (gambar 14). BNPB (2022) menekankan bahwa peningkatan kapasitas SDM merupakan komponen utama dalam membangun sistem peringatan dini yang responsif. Oleh karena itu, kegiatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman teknis, tetapi juga memperkuat fondasi kesiapsiagaan institusional.



Gambar 15. Grafik Pemahaman Pemanfaatan Data Nowcasting dan Radar untuk Tugas BPBD

Respon peserta menunjukkan bahwa mereka mampu mengaitkan pemanfaatan data Nowcasting dengan kebutuhan operasional BPBD, seperti pemantauan cepat potensi hujan ekstrem dan pengambilan keputusan tanggap darurat (Gambar 15). Pemahaman ini selaras dengan konsep *impact-based forecasting* yang saat ini menjadi standar global dalam manajemen risiko bencana. BMKG (2024) menyatakan bahwa kemampuan institusi daerah dalam menafsirkan data cuaca jangka pendek merupakan kunci efektifnya respons awal. Dengan demikian, peningkatan pemahaman ini memberikan kontribusi signifikan terhadap penguatan *early-warning early-action* di BPBD.

Secara keseluruhan, keberhasilan kegiatan ini tidak hanya diukur dari kepuasan peserta

terhadap fasilitas atau narasumber, tetapi dari terbentuknya kompetensi baru dalam memanfaatkan teknologi *Nowcasting* dan IoT. Hal ini menjadi modal fundamental bagi BPBD Kota Bekasi dalam mewujudkan mitigasi bencana yang lebih responsif dan berbasis data ilmiah.

Dengan demikian, secara akademik dapat disimpulkan bahwa kegiatan pengabdian ini berhasil meningkatkan kapasitas pengetahuan dan pemahaman teknis aparatur BPBD mengenai pemanfaatan sistem informasi *Nowcasting* dan teknologi pemantauan hidrometeorologi. Keberhasilan tersebut sejalan dengan teori, konsisten dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya, dan memberikan dasar yang kuat bagi peningkatan kesiapsiagaan bencana di tingkat daerah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) mengenai pemanfaatan sistem informasi *nowcasting* dan teknologi IoT, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Kegiatan PKM ini telah berhasil meningkatkan pemahaman BPBD Kota Bekasi mengenai pemanfaatan teknologi radar dan sistem *Nowcasting* untuk mitigasi bencana hidrometeorologi.
- Sistem pemantauan tinggi muka air berbasis Internet of Things (IoT) dan radar terbukti menjadi solusi efektif untuk deteksi dini banjir, memungkinkan pemantauan kondisi cuaca dan ketinggian air secara real-time.
- Kolaborasi antara Universitas Pamulang dan BPBD Kota Bekasi telah menciptakan sinergi yang baik antara akademisi dan pemerintah, serta membawa dampak positif dalam meningkatkan kapasitas BPBD untuk menghadapi tantangan bencana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Universitas Pamulang, khususnya Program Pascasarjana dan Program Studi Teknik Informatika S-2, atas dukungan kegiatan ini.

Penghargaan setinggi-tingginya juga disampaikan kepada Kepala BPBD Kota Bekasi

beserta jajarannya atas izin, fasilitas, dan partisipasi aktif, serta kepada BMKG atas ketersediaan data dan sistem *Nowcasting*. Penulis juga berterima kasih kepada Dr. Sajarwo Anggai, S.ST., M.T.6, selaku Kaprodi, atas bimbingannya, dan seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam kelancaran kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini.

DOKUMENTASI KEGIATAN



Gambar 16. Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat di kantor BPBD Kota Bekasi dengan tema "*Pemanfaatan Sistem Informasi Nowcasting dalam Mitigasi Bencana Hidrometeorologi*" oleh mahasiswa Pascasarjana Teknik Informatika Universitas Pamulang,

Foto tersebut memperlihatkan momen penting transfer pengetahuan dan teknologi dari lingkungan akademis kepada para praktisi lapangan untuk memperkuat kesiapsiagaan bencana.

Melalui presentasi tersebut, tim PKM memperkenalkan konsep dan manfaat teknologi *nowcasting* untuk mendukung kesiapsiagaan dan mitigasi bencana, sekaligus memperkuat kolaborasi antara dunia akademik dan lembaga penanggulangan bencana daerah.



Gambar 17. Sesi Diskusi Pada Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat di kantor BPBD Kota Bekasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Widyawati, "Efektivitas Sistem Informasi Nowcasting dalam Pengambilan Keputusan Tanggap Darurat Bencana," M.T. tesis, Program Pascasarjana Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Pamulang, Indonesia, 2025.
- [2] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, *Buku Saku Kesiapsiagaan Bencana Hidrometeorologi*. Jakarta: BNPB, 2022.
- [3] BMKG, "Layanan Data Peringatan Dini Cuaca," *Situs Web Resmi BMKG*. Diakses: 14 Okt. 2025. [Online]. Tersedia: <https://www.bmkg.go.id/cuaca/peringatan-dini-cuaca.bmkg>
- [4] BMKG, *Panduan Operasional Radar Cuaca dan Implementasi Nowcasting untuk Prakiraan Jangka Pendek*. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2024.
- [5] Cahyono, A. N., and D. Prasetyo, "Implementasi IoT untuk Pemantauan Tinggi Muka Air Sungai Berbasis Sensor Ultrasonik dan Radar," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 9, no. 2, hlm. 115–124, 2021.
- [6] Chaudhuri, S., and A. Middey, "Short-term rainfall forecasting using LSTM networks," *International Journal of Hydrology Science and Technology*, vol. 10, no. 4, hlm. 367–380, 2020.
- [7] Fitriani, Y., and S. Lestari, "Pemanfaatan Data Satelit dan Radar untuk Analisis Cuaca Ekstrem di Indonesia," *Jurnal Meteorologi Indonesia*, vol. 18, no. 3, hlm. 145–158, 2022.
- [8] Hidayat, R., and S. Winarno, "Teknologi Internet of Things untuk Sistem Peringatan Dini Banjir," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 16, no. 1, hlm. 45–54, 2020.
- [9] Ichsan, F. K., "Sinergi Akademisi dan Pemerintah Daerah dalam Pengembangan Inovasi Mitigasi Bencana," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 7, no. 2, hlm. 145–153, Sep. 2024.
- [10] Khan, M., I. Ahmad, and D. Kim, "Flood prediction system using LSTM deep learning model," *Water*, vol. 11, no. 11, 2233, 2019.
- [11] Nugroho, T., and H. Setiawan, "Pengembangan Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Menggunakan Radar Sensor dan IoT," *Jurnal Teknologi dan Sains*, vol. 5, no. 1, hlm. 22–31, 2021.
- [12] P. H. S. B. D. Kota Bekasi, "Laporan Analisis Kebutuhan Teknologi Mitigasi Bencana Banjir," Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Bekasi, Bekasi, Indonesia, Laporan Teknis No. 02/BPBD-BKS/2024, 2024.
- [13] Sagala, S., and L. Yamin, *Mitigasi Bencana: Konsep dan Aplikasi di Indonesia*. Bandung: Penerbit Alfabeta, 2020.
- [14] Sutikno, T., and F. Ramadhan, "Analisis Pemanfaatan Sensor Radar untuk Early Warning System di Wilayah Rawan Banjir," *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 12, no. 1, hlm. 71–82, 2023.
- [15] WMO (World Meteorological Organization), *Guidelines for Nowcasting Techniques*. Geneva: WMO, 2017.