

Skripsi Geofisika

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (WARNING) BMKG TERKAIT
BANJIR YANG TERJADI DI JAWA BARAT**



**OLEH:
JOHANNA DIHARTI
H061181307**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

HALAMAN JUDUL

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (WARNING) BMKG TERKAIT
BANJIR YANG TERJADI DI JAWA BARAT**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

OLEH

JOHANNA DIHARTI

H061181307

**DEPARTEMEN GEOFISKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (*WARNING*) BMKG TERKAIT
BANJIR YANG TERJADI DI JAWA BARAT**

Disusun dan diajukan oleh:

JOHANNA DIHARTI

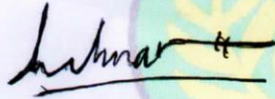
H061181307

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 21 Juni 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc
NIP. 196303151987101001

Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si
NIP. 196709032001121001

Mengetahui,
Ketua Departemen Geofisika



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M. Eng.
NIP. 19670291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Johanna Diharti
NIM : H061181307
Departemen : Geofisika
Judul Tugas Akhir : Verifikasi Peringatan Dini (*Warning*) BMKG
Terkait Bencana Banjir di Jawa Barat

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Hasanuddin atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan penelitian saya sendiri, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

Makassar, 13 Agustus 2022



Johanna Diharti

SARI BACAAN

Salah satu kejadian akibat cuaca ekstrim yang sering terjadi di Indonesia yaitu kejadian banjir yang disebabkan oleh hujan lebat dan angin kencang yang dapat merusak lingkungan dan sekitarnya. Dampak dari bencana ini dapat diminimalisir dengan adanya peringatan dini yang dikeluarkan. Penelitian ini dilakukan untuk memverifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait bencana banjir yang terjadi di Provinsi Jawa Barat menggunakan metode *Peirce Skill Score* (PSS) dengan memperhatikan parameter cuaca dalam hal ini curah hujan dan kecepatan angin yang terjadi. Berdasarkan hasil pemodelan dengan 6 daerah nilai antara $PSS \pm ePSS$ dan $PSSr \pm ePSSr$ berbeda, untuk kecepatan angin nilai $PSS \pm ePSS$ berkisar antara 0.0385 ± 0.3048 dan untuk nilai $PSSr \pm ePSSr$ berkisar antara 0 ± 0.3049 , sedangkan untuk curah hujan didapatkan nilai $PSS \pm ePSS$ berkisar antara 0.0385 ± 0.3048 dan untuk nilai $PSSr \pm ePSSr$ berkisar antara 0 ± 0.3664 , dari hasil ini diketahui bahwa nilai $PSS \pm ePSS$ dan $PSSr \pm ePSSr$ dibawah nilai 0.5 yang berarti bahwa verifikasi peringatan dini kurang bagus dan juga peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terlalu banyak menghasilkan *false alarm* yang artinya BMKG memprediksi akan terjadi cuaca ekstrim tapi kenyataannya tidak terjadi cuaca ekstrim.

Kata kunci : *cuaca ekstrim, banjir, angin kencang, hujan lebat, PSS, PSSr*

ABSTRACT

One of the events due to extreme weather that often occurs in Indonesia is flooding caused by heavy rains and strong winds that can damage the environment and its surroundings. The impact of this disaster can be minimized by issuing early warnings. This study was conducted to verify early warnings issued by BMKG related to floods that occurred in West Java Province using the *Peirce Skill Score* (PSS) by paying attention to weather parameters in this case rainfall and wind speed that occurs. Based on the modeling results with 6 regions the values between PSS±ePSS and PSSr±ePSSr are different, for wind speed the PSS±ePSS values range from 0.0385±0.3048 and for PSSr±ePSSr values ranging from 0±0.3049, while for rainfall the PSS±ePSS values are obtained. ranging from 0.0385±0.3048 and for PSSr±ePSSr values ranging from 0±0.3664, from these results it is known that the PSS±ePSS and PSSr±ePSSr values are below the value of 0.5 which means that early warning verification is not good and also the early warning issued by BMKG is too low. many produce *false alarms* , which means that BMKG predicts extreme weather will occur but in reality there will be no extreme weather.

Keywords: *extreme weather, flood, strong wind, heavy rain, PSS, PSSr*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmatnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan judul **Verifikasi Peringatan Dini (Warning) BMKG Terkaait Bencana Banjir di Jawa Barat** yang merupakan suatu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Terima kasih saya ucapkan kepada kedua orangtua saya, **Simon Suharman** dan **Chatarina Yatini.**, serta saudara saya **Theodora Eka Suharyati** dan **Seraviona**, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Selain itu, ucapan terima kasih juga diberikan kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc** selaku dosen Pembimbing Utama dalam penulisan skripsi ini. Terima kasih atas segala waktu, nasihat, ilmu dalam segala hal yang diluangkan untuk penulis sehingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si**, selaku dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, nasihat, saran-saran serta ilmunya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Muh. Hamzah, M.T** dan Bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si** selaku Tim Penguji yang telah memberikan nasihat dan kritik dalam penulisan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Departemen Geofisika FMIPA Unhas terkhusus Bapak **Dr. Sakka, M.Si** selaku dosen Penasehat Akademik, Staf FMIPA Unhas

terkhusus Staf Departemen Geofisika FMIPA Unhas, Staf Laboratorium FMIPA Unhas, Staf Perpustakaan Pusat Unhas dan Staf Perpustakaan FMIPA Unhas atas segala bantuan, ilmu serta arahan yang bermanfaat bagi penulis

5. Kepada Kakak-Kakak Geofisika Unhas terkhusus **Kak Muh. Syafrizal, S.Si.**, yang telah memberikan bantuan serta saran kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini
6. Kepada teman seperjuanganku dalam menulis Skripsi **Aini Suci Febrianti, Sri Wahyuni dan Dhea Eka Putri.**
7. Kepada teman KMK FMIPA UNHAS 2018 khususnya **Lifta, Dei, Dian, Dewi dan Citra** terimakasih atas segala dukungannya.
8. Kepada teman-teman **Basecamp (Wilda, Marni, Fya, Onding, Fira, Zefa, Iis, Jihan, Aini, Sri dan Irma)** terimakasih atas segala dukungannya
9. Kepada teman-teman **Netflix Team (Wilda, Marni, Fya dan Fira)** terimakasih atas segala dukungannya dan motivasinya.
10. Kepada teman-teman **Himafi 2018 dan HMGF 2018** terimakasih atas segala dukungannya.
11. Kepada teman-teman **KM FMIPA Unhas 2018** terimakasih atas segala dukungannya
12. Kepada teman-teman **KKN 107 Makassar 10** terimakasih atas segala dukungannya.
13. Kepada adik-adik **HMGF 2019 dan HMGF 2020** terimakasih atas segala dukungannya.

14. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam proses penyusunan skripsi ini hingga selesai. Namun sebagai manusia biasa yang memiliki kekurangan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SARI BACAAN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup	3
I.3 Rumusan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
BAB II.....	4
II.1 Topografi Wilayah	4
II.2 Unsur Cuaca	4
II.2.1 Hujan.....	5
II.2.2 Angin	6
II.3 Cuaca Ekstrim.....	7
II.3.1 Hujan Lebat.....	8
II.3.2 Angin Kencang	9
II.4 Peringatan Dini	11
II.4.1 Peringatan Dini BMKG	12
II.5 Verifikasi Prediksi.....	13
II.6 Peirce Skill Score (PSS).....	14
BAB III	17
III.1 Alat dan Bahan	17
III.1.1 Alat.....	17
III.1.2 Bahan.....	17
III.2 Prosedur Penelitian	18
III.2.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data	18

III.2.2 Tahap Pengolahan Data	18
III.3 Bagan Alir	21
BAB IV	22
IV.1 Hasil	22
IV.1.1 Peirce Skill Score Time Series	22
IV.1.1.1 Peirce Skill Score Time Series Kecepatan Angin	22
IV.1.1.2 Peirce Skill Score Time Series Curah Hujan	24
IV.1.2 Peirce Skill Score di Jawa Barat	25
IV.1.2.1 Peirce Skill Score Kecepatan Angin di Jawa Barat	25
IV.2 Pembahasan	29
IV.2.1 Peirce Skill Score Time Series	29
IV.2.1.1 Peirce Skill Score Time Series Kecepatan Angin	29
IV.2.1.2 Peirce Skill Score Time Series Curah Hujan	30
IV.2.2 Peirce Skill Score di Jawa Barat	31
IV.2.2.1 Peirce Skill Score Kecepatan Angin	32
IV.2.2.2 Peirce Skill Score Curah Hujan	33
BAB V	34
V.1 Kesimpulan	34
V.2 Saran	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Grafik Peirce Skill Score Kecepatan Angin pada 24 Januari - 21 Februari 2021	23
Gambar 4. 2 Grafik Peirce Skill Score Curah Hujan Pada 24 Januari - 21 Februari 2021	25
Gambar 4. 3 Grafik Peirce Skill Score Kecepatan Angin di Jawa Barat	27
Gambar 4. 4 Grafik Peirce Skill Score Curah Hujan di Jawa Barat	28

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Hujan Menurut Standar Internasional WMO.....	9
Tabel 2. 2 Skala Beafort (Aji dan Cahyadi, 2015)	10
Tabel 2. 3 Tabel Kontingensi Yes/No Forecast.....	14
Tabel 4. 1 Tabel Parameter <i>Peirce</i> Kecepatan Angin	22
Tabel 4. 2 Tabel Parameter <i>Peirce</i> Curah Hujan.....	24
Tabel 4. 3 Tabel Parameter <i>Peirce</i> Kecepatan Angin di Jawa Barat.....	25
Tabel 4. 4 Tabel Parameter <i>Peirce</i> Curah Hujan di Jawa Barat.....	27

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia terbentang dari lintang geografis 7° 20' U sampai 14° S dan bujur 92° T sampai 141° T. Wilayah maritim Indonesia jika dilihat dari aspek meteorologisnya mempunyai kompleksitas dalam fenomena cuaca dan iklim. Wilayah Indonesia mempunyai atmosfer yang sangat kompleks dan pembentukan awannya sangat unik (Tjasyono and Harijono 2012). Kondisi atmosfer di suatu wilayah jika berada dalam kondisi yang labil dapat memicu pertumbuhan awan-awan konvektif seperti awan *comulonimbus*, sehingga kondisi ini akan mengakibatkan cuaca yang ekstrim.

Definisi cuaca ekstrim menurut (Peraturan Kepala Badan Meteorologi 2010) ialah kejadian cuaca yang tidak sesuai dengan semestinya yang dapat mengakibatkan kerugian pada lingkungan, harta dan keselamatan jiwa. Cuaca ekstrim ini dapat menyebabkan bencana alam yang dapat mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat seperti timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis (Peraturan Kepala Badan Meteorologi 2010). Salah satu kejadiannya yang sering terjadi di Indonesia yaitu kejadian banjir yang disebabkan oleh hujan lebat dan angin kencang yang dapat merusak lingkungan dan sekitarnya (Muzaki et al. 2021). Banjir merupakan massa air yang dihasilkan dari limpasan air di permukaan tanah yang tinggi sehingga tidak dapat ditampung lagi sehingga meluap secara alami dan menimbulkan genangan. Banjir

dapat menimbulkan kerugian material, kerusakan lingkungan sekitar, dan dapat menjadi ancaman kehidupan masyarakat itu sendiri (Qodriyatun, 2020).

Salah satu wilayah yang terkena kejadian banjir yaitu provinsi Jawa Barat pada bulan Februari 2021 yang berdampak pada beberapa kabupaten dan kota pada provinsi tersebut, mengakibatkan beberapa rumah dan fasilitas umum mengalami kerusakan serta adanya korban jiwa pada kejadian banjir ini. Penyebab banjir yaitu intensitas curah hujan yang tinggi mengakibatkan beberapa sungai meluap sejak tanggal 7 Februari 2021 (data BNPB). Dampak dari bencana yang terjadi pada kejadian banjir tersebut dapat dicegah sehingga akibat kerusakannya dapat berkurang jika sebelum bencana ini terjadi ada sebuah peringatan dini sehingga masyarakat dapat siap siaga dan dapat melakukan penyelamatan serta menghindari adanya korban jiwa pada bencana yang terjadi.

Sistem peringatan dini atau biasa dikenal sebagai *early warning system* merupakan sebuah rangkaian sistem yang digunakan untuk menginformasikan akan munculnya kejadian alam dan juga dapat berupa bencana dan tanda-tanda alam lainnya. Sistem peringatan dini cuaca akan menginformasikan mengenai kondisi cuaca di suatu wilayah yang akan terkena cuaca ekstrim akan mengalami hujan dengan intensitas yang tinggi atau lebat dan disertai dengan angin kencang. Salah satu lembaga yang mengeluarkan peringatan dini ini ialah Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG ini hanya sebatas ekstrim atau tidaknya tanpa memberikan nilai dari unsur cuaca yang digunakan seperti berapa kecepatan angin yang terjadi dan berapa besarnya curah hujan yang turun. Peringatan dini bencana ini kadang kala terlambat dikeluarkan

atau informasinya kurang sehingga masyarakat tidak mengetahui adanya peringatan dini yang dikeluarkan oleh pemerintah. Peringatan dini jika diinformasikan kepada masyarakat namun banyak peringatannya yang salah secara terus-menerus dapat membuat masyarakat menjadi tidak percaya lagi akan informasi tersebut dan menjadi tidak berguna atau efektif lagi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memverifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait bencana banjir yang terjadi di Provinsi Jawa Barat menggunakan metode *Peirce Skill Score* (PSS) dengan memperhatikan parameter cuaca dalam hal ini curah hujan dan kecepatan angin yang terjadi.

I.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi pada verifikasi prediksi menggunakan data curah hujan dan kecepatan angin serta data peringatan dini yaitu hujan lebat dan angin kencang yang dikeluarkan oleh BMKG melalui media sosial. Data Prediksi dan Observasi dalam penelitian ini diambil mulai dari 24 Januari 2021 – 21 Februari 2021. Untuk memverifikasi prediksi digunakan metode *Peirce Skill Score* (PSS).

I.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini ialah, bagaimana pemodelan verifikasi peringatan dini yang dikeluarkan BMKG terkait banjir yang terjadi di Jawa Barat.

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini ialah, memverifikasi peringatan dini yang dikeluarkan BMKG terkait banjir yang terjadi di Jawa Barat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Topografi Wilayah

Provinsi Jawa Barat secara geografis letaknya berada di sebelah barat berbatasan dengan Selat Sunda, di sebelah utara dengan Laut Jawa dan daerah Khusus Ibukota Jakarta, sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Jawa Tengah dan sebelah selatan dibatasi Samudra Indonesia. Letak geografis Provinsi Jawa Barat di antara 5°50'-7°50'LS dan 104°8' - 108°41'BT.

Topografi Jawa Barat yaitu di sebelah selatan terdiri dari daerah berbukit-bukit dengan sedikit pantai di sebelah utara terdiri dari dataran rendah dan sebelah tengah dataran tinggi bergunung-gunung (Badan Kepegawaian Daerah Jawa Barat). Provinsi Jawa Barat memiliki beberapa sungai yang berhubungan langsung dengan sungai-sungai yang ada di provinsi lain, sehingga jika terjadi hujan dengan intensitas tinggi maka aliran sungai yang masuk ke Provinsi Jawa Barat yang memiliki fungsi sungai yang kurang baik mengakibatkan meluapnya air sungai yang membuat beberapa daerah menjadi banjir

II.2 Unsur Cuaca

Cuaca merupakan variasi atau keadaan atmosfer dalam jangka waktu yang pendek atau singkat. Cuaca dapat pula didefinisikan sebagai keadaan atmosfer yang sifatnya tidak tetap atau dapat berubah-ubah dari waktu ke waktu dalam jangka waktu yang pendek (dalam jam atau hari) (Miftahuddin 2016). Menurut (Aldrian, Karmini, and Budiman 2011) cuaca ialah keadaan dinamika udara yang berada di

atmosfer di waktu dan tempat tertentu yang diungkapkan dengan kondisi hujan, suhu udara, jumlah tutupan awan, penguapan, kelembapan dan kecepatan angin dari waktu ke waktu di suatu tempat. Kurun waktu dalam analisa cuaca umumnya digunakan yaitu satu hari sampai satu minggu. Kondisi cuaca dapat berubah drastis atau hampir sama dengan hari sebelumnya.

II.2.1 Hujan

Menurut (Tjasyono and Harijono 2012) hujan merupakan endapan dalam bentuk cair, yang merupakan hasil langsung dari kondensasi atau perubahan wujud dari gas menjadi tetes air di dalam awan disertai dengan pertumbuhan ukuran yang cukup besar agar dapat mengatasi efek gaya apung udara. Jumlah hujan sebagian besarnya berasal dari salju yang mencair pada lintang tinggi atau saat musim dingin di lintang menengah. Hujan yang terdiri dari tetes-tetes kecil yang hampir tidak mencapai permukaan tanah atau dengan intensitas yang ringan disebut gerimis (*drizzle*). Sedangkan jika tetes-tetes air ini menguap sepenuhnya sehingga tidak sampai di permukaan tanah maka akan menjadi kabut (*mist*) atau kabut tipis.

Menurut (Loupatty 2007), hujan merupakan jatuhnya titik-titik air ke tanah yang berasal dari kumpulan embun yang bergabung yang membentuk awan. Curah hujan merupakan endapan dalam bentuk cair maupun padat yang meliputi tetes hujan, salju, batu es embun dan embun kristal. Pencatatan jumlah curah hujan menggunakan satuan inci atau milimeter, jika jumlah curah hujan 1 mm artinya air hujan yang jatuh di atas permukaan datar seluas 1 meter persegi setinggi 1 mm dimana air hujan ini tidak meresap ke dalam tanah, mengalir atau menguap ke atmosfer (Syaifullah, 2014).

Wilayah Indonesia yang merupakan wilayah tropik memiliki curah hujan tahunan yang cukup tinggi, di daerah pegunungan curah hujannya semakin tinggi. Proses konveksi dan pembentukan awan hujan panas menjadi penyebab curah hujan yang tinggi di wilayah tropik. Curah hujan dihasilkan dari gerakan massa udara lembab ke atas. Jumlah hujan tahunan, intensitas, durasi, frekuensi dan distribusinya terhadap ruang waktu sangat bervariasi. Presentase curah hujan yang diterima Indonesia bervariasi yaitu 8% sampai 37% dengan rata-rata 22% (Mulyono 2014)

Hujan terbagi menjadi tiga jenis yaitu (Tjasyono 2009)

1. Hujan konveksi, hujan ini disebabkan karena pemanasan maka udara permukaan akan memuai dan dipaksa untuk naik. Udara yang naik ini akan mengkondensasi. Awan Cumulonimbus akan muncul jika udara yang naik ini mengkondensasi banyak sekali dan awan ini akan menghasilkan endapan yang berlimpah-limpah
2. Hujan orografis, hujan ini disebabkan karena udara yang dipaksa naik oleh efek dari blokade bentuk tanah atau pegunungan
3. Hujan konvergensi dan frontal, jika dalam arus horizontal terdapat konvergensi dari massa udara yang besar dan lebat, maka akan terjadi gerakan ke atas. Kenaikan udara ini dapat menyebabkan pertumbuhan awan dan endapan

II.2.2 Angin

Angin merupakan udara yang bergerak yang arahnya sejajar dengan permukaan bumi. Penyebab angin ialah adanya perbedaan densitas atmosfer atau perbedaan

tekanan udara secara horizontal. Jika terjadi perbedaan tekanan udara horizontal maka akan terjadi yang namanya gradien tekanan, dimana gaya gradien tekanan ini yang akan menyebabkan gerak udara dari tekanan yang tinggi menuju ke tekanan yang rendah (Tjasyono, 2009).

Menurut (Athoillah, Mariana Sibarani, and Eirene Doloksaribu 2017) angin dapat didefinisikan sebagai akibat adanya perbedaan tekanan udara menyebabkan udara bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi menuju ke tempat yang bertekanan rendah. Terdapat dua arah gerak media di atmosfer pada permukaan bumi yaitu arah horizontal sesuai permukaan bumi dan arah vertikal dari permukaan bumi. Angin permukaan memiliki gaya gesek karena adanya kekasaran di permukaan bumi. Gaya gesek menyebabkan kecepatan angin melemah (Nurhayati & Aminuddin, 2016).

Menurut (Tjasyono 2009) angin tenang terjadi jika perbedaan tekanan di atas wilayah yang luas adalah nol atau mendekati nol. Pada lapisan gesekan yaitu di dekat permukaan bumi angin yang berhembus tidak sejajar dengan isobar.

II.3 Cuaca Ekstrim

Cuaca ekstrim menurut (Peraturan Kepala Badan Meteorologi 2010) ialah kejadian cuaca yang tidak sesuai dengan semestinya yang dapat mengakibatkan kerugian pada lingkungan, harta dan keselamatan jiwa. Cuaca ekstrim ini dapat menyebabkan bencana alam yang dapat mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat seperti timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis. Menurut (Megalina 2014) cuaca

ekstrim merupakan fenomena kondisi cuaca tidak normal yang terjadi di suatu wilayah dalam jangka yang pendek misalnya suhu rata-rata 32°C lalu menjadi 32° - 46°C . Curah hujan melebihi nilai 100 mm dan kecepatan angin 34 knot.

II.3.1 Hujan Lebat

Udara yang relatif tenang dapat menentukan ukuran tetesan hujan dari gesekan yang terjadi menghasilkan tetesan hujan yang sangat besar akan pecah. Hujan lebat pada umumnya durasinya relatif singkat sedangkan curah hujan yang ringan dan sedang biasanya dihubungkan dengan pola cuaca yang menyebar luas dengan durasi hujan yang berlangsung lebih lama. Oleh karena, pada umumnya durasi hujan berbanding terbalik dengan intensitasnya. Kondisi atmosfer pada suatu wilayah dalam keadaan labil dapat menyebabkan cuaca ekstrim terjadi karena memicu adanya pertumbuhan awan-awan konvektif seperti awan *comulonimbus*, salah satu kejadian ekstrim yang terjadi yaitu hujan lebat (Muzaki et al. 2021)

Awan konvektif tumbuh akibat pemanasan permukaan oleh insolasi yang dapat tumbuh menjadi badai guruh konvektif. Badai ini mempunyai karakteristik yaitu pertumbuhan cepat, daerah lokal, gerakan horizontal lambat, hujan deras, arus udara ke bawah laut dan terjadi angin ribut. Pemanasan permukaan dari radiasi matahari dapat mengakibatkan munculnya awan guruh konvektif. Pertumbuhan awan konvektif yang menghasilkan hujan melalui tiga tingkatan. Tingkat yang pertama yaitu tingkat cumulus dimana awan disini tidak menghasilkan hujan. Tingkat yang kedua yaitu tingkat dewasa dimana hujan lebat terjadi dalam awan. Tingkat ketiga dimana awan hanya menghasilkan hujan ringan atau gerimis disebut tingkat disipasi.

Pada tingkat kedua yaitu tingkat dewasa, akibat proses kondensasi mengakibatkan tetes-tetes air menjadi lebih besar dan melalui mekanisme tumbukan tangkapan ini kecepatan jatuh tetes hujan dapat melebihi kecepatan arus udara ke atas, sehingga tetes hujan sampai ke permukaan. Tingkatan ini terjadi hujan lebat dimana awan didominasi oleh arus udara ke atas (masuknya uap air) dan oleh arus udara ke bawah yang menghasilkan hujan lebat (Tjasyono and Harijono 2012).

Klasifikasi curah hujan menurut standar internasional World Meteorological Organization (WMO) (2008) dapat dilihat pada **Tabel 2.2** berikut ini:

Tabel 2. 1 Kriteria Hujan Menurut Standar Internasional WMO

Kriteria Hujan	Intensitas Hujan (24 Jam)
Sangat Ringan	< 5.0 mm
Ringan	5.0 – 20 mm
Sedang/Normal	20 – 50 mm
Lebat	50 – 100 mm
Sangat Lebat	> 100 mm

II.3.2 Angin Kencang

Kecepatan angin dapat dilihat oleh kecepatan perubahan tekanan atau dari kecuraman gradien tekanan. Angin dapat disebut sebagai angin kencang jika memiliki kecepatan angin di atas 12,5 m/s atau 25 knot (Muzaki et al. 2021). Pergerakan angin dapat secara vertikal dengan kecepatan yang bervariasi dan

berfluktuasi. Pergerakan angin sesuai dengan medan yang dilaluinya baik itu secara berkelok-kelok. Jika resistensi media yang dilewati oleh angin akan mengakibatkan pergerakan angin yang cepat terjadi. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan yang besar antara dua lokasi yang berdekatan sehingga angin berkecepatan tinggi dapat terjadi. Angin kencang ini juga dipengaruhi oleh pembentukan awan *Comulonimbus* akibat ketidakstabilan atmosfer (Nurjani, Rahayu, and Rachmawati 2013).

Tabel 2. 2 Skala Beafort (Aji and Cahyadi 2015)

Skala Beauford	Deskripsi	Kecepatan Angin (m/s)
1	Tenang	<1
2	Sedikit Tenang	1 – 5
3	Sedikit Hembusan Angin	6 – 11
4	Hembusan Angin Pelan	12 – 19
5	Hembusan Angin Sedang	20 – 29
6	Hembusan Angin Sejuk	30 – 39
7	Hembusan Angin Kuat	40 – 50
8	Mendekati Kencang	51 – 61
9	Kencang	62 – 74
10	Kencang Sekali	75 – 87
11	Badai	88 – 101
12	Badai Dahsyat	102 – 117
13	Badai Topan	>118

II.4 Peringatan Dini

Peringatan dini merupakan pemberian informasi mengenai prediksi akan terjadinya cuaca ekstrim kepada masyarakat dengan waktu sesegera mungkin (Peraturan Kepala Badan Meteorologi 2010). Sistem peringatan dini cuaca akan menginformasikan mengenai kondisi cuaca di suatu wilayah yang akan terkena cuaca ekstrim akan mengalami hujan dengan intensitas yang tinggi atau lebat dan disertai dengan angin kencang. Peringatan dini cuaca ekstrim dilakukan untuk kejadian cuaca ekstrim di darat maupun di laut. Menurut peraturan Kepala BMKG No. KEP. 009 Tahun 2010, peringatan dini cuaca ekstrim ini perlu dilakukan dengan memperhatikan beberapa hal seperti kecermatan, sikap hati-hati dan dalam waktu yang singkat sehingga dapat sampai dengan baik kepada masyarakat melalui media massa, instansi terkait dan lain-lain. Prakirawan ketika akan membuat suatu prakiraan cuaca yang baik sehingga menghasilkan peringatan dini dengan cepat, tepat dan akurat serta mudah dipahami perlu memperhatikan beberapa hal yaitu (Peraturan Kepala Badan Meteorologi, 2010).

- a. Data pengamatan dapat dilihat melalui radar, satelit, AWS/ARG, alat pengamatan lainnya dengan memperhatikan kondisi dari dinamika atmosfer
- b. Mencatat log book, melaporkan kondisi atmosfer dan menganalisis data
- c. Menyampaikan prediksi cuaca ekstrim menggunakan bahasa yang mudah dipahami oleh masyarakat.

Seberapa besar peringatan dini dapat mengurangi dampak suatu peristiwa bencana akan sangat bergantung pada banyak faktor, misalnya:

1. Ketepatan peringatan;

2. Jarak waktu yang tersedia antara keluarnya peringatan sampai dengan datangnya peristiwa yang dapat menimbulkan bencana;
3. Seberapa siap perencanaan pra bencana dan kesiapsiagaan masyarakat, termasuk kemampuan masyarakat untuk menanggapi peringatan tersebut dan melakukan tindakan antisipasi secara tepat.

Peringatan dini dapat dikeluarkan oleh beberapa lembaga yang memiliki kewenangan untuk mengeluarkan peringatan dini, ada empat lembaga yang dapat mengeluarkan peringatan dini yaitu (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2012).

1. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)
2. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG)
3. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)
4. Kementerian Pekerjaan Umum, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air.
5. Kementerian Kehutanan

II.4.1 Peringatan Dini BMKG

Prakiraan cuaca yang dikeluarkan oleh beberapa pusat layanan cuaca di banyak negara menggunakan model prediksi cuaca numerik yang dimana model ini semakin hari semakin berkembang seiring dengan kemampuan komputasi dan penambahan jaringan pengamatan (Paski 2017). Salah satu lembaga yang mengeluarkan prediksi curah hujan dan peringatan dini cuaca yaitu BMKG yang menggunakan model numerik dalam memprediksi cuaca. BMKG mengeluarkan prakiraan cuaca berdasarkan dari hasil pengamatan cuaca terakhir, analisis hasil

luaran model-model rendah dan prakirawan dalam menganalisis cuaca. Prakiraan cuaca untuk curah hujan dilakukan dengan dua cara yaitu secara objektif dan subyektif. Analisis cuaca oleh prakirawan menggunakan kemampuan analisis dan pengalaman prakirawan untuk memberikan penilaian yang mereka nilai terbaik, dimana dalam hal ini prakiraan ini dapat dikatakan sebagai metode subyektif. Keluaran model yang digunakan dari model *Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle* (ARPEGE) dengan resolusi $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ dan *Tropical eXtended Limited Area Prediction System* (TXLAPs) dengan resolusi $0.375^\circ \times 0.375^\circ$. TXLAP adalah bagian dari *Limited Area Prediction System* (LAPs) (Gustari, Hadi, & Hadi, 2012)

II.5 Verifikasi Prediksi

Verifikasi menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari penelitian meteorologi dan kegiatan prakiraan operasional. Verifikasi merupakan suatu kegiatan yang digunakan untuk memastikan suatu peramalan atau prediksi. Jika metodologi dibuat secara benar maka hasil dari verifikasi tersebut dapat secara efektif memenuhi kebutuhan dari berbagai kelompok termasuk dalamnya yaitu peramal cuaca, pengguna informasi prakiraan dan juga masyarakat umum (Casati dkk, 2008). Verifikasi prakiraan cuaca merupakan suatu penilaian atau menilai kualitas suatu prediksi dengan membandingkan dengan hasil pengamatan yang bersesuaian dengan kejadiannya (Gustari et al. 2012)

Verifikasi dapat dilakukan untuk menemukan model-model mana yang unggul dan dapat mengetahui alasan keunggulan model tersebut. Oleh karena itu verifikasi ini perlu dilakukan, terdapat tiga hal yang membuat verifikasi diperlukan. Pertama,

untuk memantau akurasi dari prediksi ini dan mengetahui apakah prediksi ini menjadi lebih baik. Kedua untuk meningkatkan kualitas dari prediksi, dengan menyelidiki kesalahan yang telah dilakukan pada saat melakukan prediksi. Ketiga untuk membandingkan hasil-hasil prediksi dari beberapa model yang menggunakan besaran/fenomena yang sama (Halide, 2009).

II.6 Peirce Skill Score (PSS)

Peirce Skill Score (PSS) merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis akurasi perkiraan. PSS ini digunakan juga untuk mengevaluasi seberapa akurat prakiraan yang satu dibandingkan dengan prakiraan lainnya. Hasil dari metode ini yaitu skor nilai *Peirce*-nya selalu di antara -1 dan 1. Keterampilan dalam verifikasi prediksi ini ditentukan dari skor *Peirce*-nya dengan melihat tabel kontingensinya seperti pada tabel di bawah ini. Tabel ini mengandung komponen observasi dan prediksi suatu fenomena atau kejadian dengan kategori bencana atau non bencana (Halide and Ridd 2008)

Tabel 2. 3 Tabel Kontingensi Yes/No Forecast(Halide and Ridd 2008)

<i>Forecast</i>	<i>Observed</i>	
	<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Yes</i>	a (<i>hits</i>)	b (<i>false alarms</i>)
<i>No</i>	c (<i>misses</i>)	d (<i>Correct rejection</i>)

Keterangan :

a = Prediksi dan observasi menunjukkan cuaca ekstrim.

b = Prediksi menunjukkan cuaca ekstrim, tetapi observasi menunjukkan cuaca tidak ekstrim.

c = Prediksi menunjukkan cuaca tidak ekstrim, tetapi observasi menunjukkan cuaca ekstrim.

d = Prediksi dan observasi menunjukkan cuaca tidak ekstrim.

Peirce Skill Score dapat dihitung menggunakan data dari Tabel 2.1 dan rumus berikut ini (Halide and Ridd 2008):

$$PSS = \frac{ad-bc}{(a+c)(b+d)} \quad (2.1)$$

Keterangan pada rumus sesuai dengan keterangan pada Tabel 2.1

Standar error *Peirce Skill Score* (ePSS) dirumuskan sebagai berikut:

$$ePSS = \sqrt{\frac{(n^2-4(a+c)(b+d) \times PSS^2)}{4n(a+c)(b+d)}} \quad (2.2)$$

dengan jumlah total kejadian $n = a + b + c + d$

Model prediksi kemudian dibandingkan dengan random skill prediksi dengan mengubah parameter a, b, c dan d dengan rumus sebagai berikut:

$$a_r = (a + c)(a + b)/n \quad (2.3)$$

$$b_r = (b + d)(a + b)/n \quad (2.4)$$

$$c_r = (a + c)(c + d)/n \quad (2.5)$$

$$d_r = (b + d)(c + d)/n \quad (2.6)$$

Kemudian untuk rumus PSSr yaitu sebagai berikut:

$$PSSr = \frac{(a_r \times d_r) - (b_r \times c_r)}{(4n(a_r+c_r)(b_r+d_r))} \quad (2.7)$$

Standar error $ePSSr$ dirumuskan sebagai berikut:

$$ePSSr = \sqrt{\frac{(n^2 - 4(a_r + c_r)(b_r + d_r)) \times PSS^2}{4n(a_r + c_r)(b_r + d_r)}} \quad (2.8)$$

Jika nilai $PSS \pm ePSS$ berbeda dengan nilai $PSSr \pm ePSSr$ maka dapat disimpulkan bahwa akurasi perkiraan memiliki hasil yang bagus dengan tingkat keyakinan yang digunakan yaitu 95%