

SKRIPSI

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (*WARNING*) OLEH BMKG TERKAIT
BENCANA BANJIR DI SULAWESI UTARA**



SRI WAHYUNI

H061 18 1001

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

SKRIPSI

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (*WARNING*) OLEH BMKG TERKAIT
BENCANA BANJIR DI SULAWESI UTARA**



SRI WAHYUNI

H061 18 1001

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (*WARNING*) OLEH BMKG
TERKAIT BENCANA BANJIR DI SULAWESI UTARA**

Disusun dan diajukan oleh

SRI WAHYUNI

H061181001

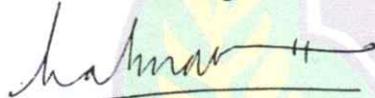
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

pada tanggal 24 November 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pertama



Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si
NIP. 196709032001121001

Mengetahui,

Ketua Departemen Geofisika



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng.

NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Wahyuni

NIM : H061181001

Departemen : Geofisika

Judul Tugas Akhir : Verifikasi Peringatan Dini (*Warning*) Oleh
BMKG Terkait Bencana Banjir di Sulawesi Utara

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, 24 November 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Sri Wahyuni

SARI BACAAN

Indonesia adalah wilayah yang berada di wilayah tropik yang memiliki curah hujan tahunan tinggi, dimana curah hujan semakin tinggi terjadi di daerah pegunungan. Pada umumnya wilayah yang memiliki curah hujan yang tinggi akan dihasilkan dari proses konveksi dan juga adanya pembentukan awan hujan panas. Di wilayah Indonesia banjir merupakan bencana alam yang bisa dikatakan sering terjadi. Bencana ini disebabkan oleh faktor hidrometeorologi yang setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan dimana di beberapa daerah terjadi banjir dikarenakan tingginya intensitas curah hujan atau terjadinya cuaca ekstrem selama beberapa hari. Metode *Peirce Skill Score* (PSS) merupakan metode yang dapat mengukur kemampuan dari suatu prediksi atau ramalan (*forecast*). Tujuan dari penelitian ini adalah memverifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait Banjir yang terjadi di Sulawesi Utara. Berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan dari data observasi selama 29 hari didapatkan bahwa prediksi yang dikeluarkan oleh BMKG di beberapa daerah di Sulawesi Utara memiliki nilai PSS untuk curah hujan di daerah tersebut adalah $PSS \pm ePSS$ sebesar 0.3664 ± 0.1246 dan $PSSr \pm ePSSr$ adalah 0 ± 0.1277 dan untuk nilai PSS pada kecepatan angin di daerah tersebut adalah $PSS \pm Epss$ sebesar 0.4875 ± 0.1344 dan nilai $PSSr \pm ePSSr$ adalah 0 ± 0.1394 dimana nilai yang didapatkan cukup rendah atau dapat dikatakan hal ini termasuk kedalam *false alarm*. Hal ini dikarenakan prediksi untuk peringatan dini yang dikeluarkan cukup banyak namun yang terjadi adalah sebaliknya, sehingga data yang dihasilkan cukup rendah atau tidak akurat.

Kata Kunci : Banjir, Cuaca Ekstrem, *Peirce Skill Score* (PSS) dan Peringatan Dini Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG)

ABSTRACT

Indonesia is a tropical region that has high annual rainfall, where the higher rainfall occurs in mountainous areas. In general, areas that have high rainfall will result from the convection process and also the formation of hot rain clouds. In Indonesia, flooding is a natural disaster that can be said to occur frequently. This disaster is caused by hydrometeorological factors which always increase every year where in some areas floods occur due to high intensity of rainfall or extreme weather for several days. The Peirce Skill Score (PSS) method is a method that can measure the ability of a prediction or forecast. The purpose of this study was to verify the early warnings issued by the BMKG regarding floods that occurred in North Sulawesi. Based on the modeling that has been done from observational data for 29 days, it was found that the predictions issued by the BMKG in several areas in North Sulawesi have the PSS value for rainfall in the area is $PSS \pm ePSS$ of 0.3664 ± 0.1246 and $PSSr \pm ePSSr$ is 0 ± 0.1277 and for the PSS value at wind speed in the area is $PSS \pm Epss$ of 0.4875 ± 0.1344 and the value of $PSSr \pm ePSSr$ is 0 ± 0.1394 where the value obtained is quite low or it can be said that this is included in the false alarm. This is because the predictions for early warnings issued are quite a lot, but what happens is the opposite, so the data produced is quite low or inaccurate.

Keywords : Flood, Extreme Weather, Peirce Skill Score (PSS) and Climatology And Geophysics Meteorology Agency (BMKG) early warning

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaykum Wa Rahmatullaahi Wa Barakaatuuu.

Alhamdulillahirabbil'alamiin. Puji syukur penulis panjatkan kepada الله *Subhanahu Wa Ta'ala.* Tuhan semesta alam yang dengan segala Rahman dan Rahim-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Verifikasi Peringatan Dini (Warning) Oleh BMKG Terkait Banjir di Sulawesi Utara”**. Shalawat dan Salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad ﷺ. Nabi akhir zaman yang sudah menjadi teladan Umat, dalam berakhlak, berusaha dan berdoa. Dalam penulisan skripsi ini tentu tidak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun berkat Ridho Sang Maha Kuas, penyusunan skripsi ini dapat selesai tepat waktu. Pada kesempatan izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih kepada Orang Tua tercinta **Muh. Dahir** dan **Jumahari** yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang tulus tiada hentinya untuk penulis. Dalam kesempatan ini pula penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak atas bantuan, nasihat, didikan dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama ini. Untuk itu dengan senang hati penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.Sc** selaku Pembimbing Utama. Terimakasih atas segala waktu, ilmu, nasehat dan segala hal yang diluangkan untuk penulis hingga hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si.** selaku Pembimbing Pertama. Terima kasih atas bimbingan, nasehat dan saran-saran yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini.
3. Kepada Bapak **Dr. Muhammad Hamzah, S.Si.,M.T** dan Bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si** selaku tim penguji. Terimakasih atas kritik dan saran yang akhirnya membantu lahirnya segala tulisan yang ada dalam skripsi ini.
4. Bapak **Muhammad Fawzy Ismullah Massinai, S.Si.,M.Si.** selaku dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan nasehat dan arahan kepada penulis sehingga penulis bisa sampai di titik ini.
5. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku kepala Departemen Geofisika FMIPA Unhas.
6. Seluruh Dosen Departemen Geofisika atas segala ilmu yang telah diajarkan kepada penulis dan Staf Departemen Geofisika yang telah memberikan bantuan dan arahan yang bermanfaat bagi penulis.
7. Kepada kak **Muh. Syafrizal, S.Si,** yang telah banyak membantu dan memberikan saran kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
8. Kepada teman – teman seperjuangan saya **Aini, Dhea dan Jojo,** terima kasih atas dukungan dan kemarahannya selama proses mengerjakan skripsi ini.
9. Kepada **Sist Rina Ny. Asdar P** dan **Sist Eka Ny. Rusdianto** yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan kasih sayang kepada penulis selama ini.
10. Kepada teman – teman **Kalem Squad (Cinu, Irma, Bogar, Fira, Bonca, Heral dan Komang)** yang telah memberi kehangatannya selama ini dan **Basecamp Salama' (Jihan, Wilda, Jojo, Fiacans, Zefa, Iis, Aini, Onding, Fira, Cinu**

dan Bonca) , terima kasih atas dukungan, bantuan, support dan motivasinya selama ini.

11. Kepada **Saudara Tiri** atau **Girls Tanber (Virvir, Ainun nan manis dan imut serta Armymut)** yang telah memberikan dukungan dan selalu menghibur sehingga mengurangi beban penulis selama mengerjakan skripsi.
12. Kepada Saudara -Saudara **Geofisika 2018 dan Fisika 2018**, terimakasih atas dukungan, bantuan, saran, kehangatan, kasih sayang dan motivasinya selama ini tetap ”**Satu Tekad Taklukkan Waktu**”.
13. Kepada Teman – Teman **KMF FMIPA Unhas 2018**, terima kasih atas dukungan dan motivasinya kepada penulis, tetap “**Takkan Pudar**”.
14. Kepada **Teman – Teman XII IPA 2 SMA Negeri 3 Bulukumba**, terimakasih atas dukungannya selama ini.
15. Kepada kakak - kakak **Himafi 2015**, Kakak **Himafi 2016**, kakak **Himafi 2017**, terima kasih atas bimbingannya kepada penulis selama ini.
16. Terima kasih kepada Adik – Adik **HMGF 2019** dan **Himafi 2019**, dan adik – adik **HMGF 2020** dan **Himafi 2020**.
17. Kepada kakak - kakak dan teman -teman **KKN G106 Bulukumba 5** terkhusus untuk **kak Ade Syamrisal**, terima kasih atas dukungan dan telah menghibur penulis pada saat pengerjaan skripsi ini.

Kepada teman teman yang tidak dapat saya sebutkan nama – namanya satu persatu terima kasih telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam proses penyusunan skripsi ini hingga selesai.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SARI BACAAN	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Ruang Lingkup	3
I.3 Rumusan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Topografi Wilayah.....	5
II.2 Unsur Cuaca	5
II.2.1 Curah Hujan.....	6
II.2.2 Angin	7
II.3 Cuaca Ekstrem.....	8
II.3.1 Hujan Lebat	9

II.3.2 Angin Kencang.....	10
II.4 Peringatan Dini (<i>Warning</i>)	11
II.5 Prediksi Oleh BMKG	13
II.6 Verifikasi Prediksi.....	14
II.7 <i>Peirce Skill Score</i> (PSS).....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
III.1 Alat dan Bahan.....	18
III.1.1 Alat.....	18
III.1.2 Bahan.....	18
III.2 Prosedur Penelitian.....	19
III.2.1 Persiapan dan Pengumoulan Data.....	19
III.2.2 Pengolahan Data.....	19
III.3 Bagan Alir	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
IV.1 Hasil	23
IV.1.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i>	23
IV.1.1.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Kecepatan Angin	23
IV.1.1.2 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Curah Hujan.....	25
IV.1.2 <i>Peirce Skill Score</i> Daerah Sulawesi Utara	27
IV.1.2.1 <i>Peirce Skill Score</i> Kecepatan Angin Di Sulawesi Utara.....	27
IV.1.2.2 <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan Daerah Sulawesi Utara	29
IV.2 Pembahasan.....	30
IV.2.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i>	30
IV.2.1.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Kecepatan Angin	30

IV.2.1.2 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Curah Hujan.....	31
IV.2.2 <i>Peirce Skill Score</i> Daerah Sulawesi Utara.....	32
IV.2.2.1 <i>Peirce Skill Score</i> Kecepatan Angin Di Sulawesi Utara.....	32
IV.2.2.2 <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan Daerah Sulawesi Utara	33
BAB V PENUTUP	35
V.1 Kesimpulan.....	35
V.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	40
Lampiran 1: Peringatan Dini BMKG selama 29 Hari.....	41
Lampiran 2 : Berita Bencana.....	49
Lampiran 3 : <i>Script Matlab</i>	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir.....	22
Gambar 4.1 Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Kecepatan Angin pada tanggal 02 – 30 Januari 2021	23
Gambar 4.2 Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan pada tanggal 02 – 30 Januari 2021	25
Gambar 4.3 Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Kecepatan Angin Daerah Sulawesi Utara	27
Gambar 4.4 Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan Daerah Sulawesi Utara.....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Curah Hujan	7
Tabel 2.2 Skala Beaufort	10
Tabel 2.3 Tabel Kontingensi Yes/No <i>Forecast</i>	15
Tabel 4.1 Parameter <i>Peirce</i> Untuk kecepatan Angin	23
Tabel 4.2 Parameter <i>Peirce</i> untuk Curah Hujan.....	25
Tabel 4.3 Parameter <i>Peirce</i> untuk Angin di Daerah Sulawesi Utara.....	27
Tabel 4.4 Parameter <i>Peirce</i> untuk Curah Hujan di Daerah Sulawesi Utara	29

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia adalah wilayah yang berada di wilayah tropik yang memiliki curah hujan tahunan tinggi, dimana curah hujan semakin tinggi terjadi di daerah pegunungan. Pada umumnya wilayah yang memiliki curah hujan yang tinggi akan dihasilkan dari proses konveksi dan juga adanya pembentukan awan hujan panas. Pada dasarnya, curah hujan itu dihasilkan dari gerakan massa udara lembab ke atas. Agar terjadi gerakan ke atas, atmosfer harus dalam kondisi yang tidak stabil (Mulyono,2014).

Dari unsur-unsur iklim ataupun cuaca di wilayah Indonesia secara faktor fisiografis terdapat 3 tipe curah hujan, yaitu tipe ekuatorial, tipe monsun dan tipe lokal. Adapun beberapa faktor fisis yang berperan penting terhadap proses terjadinya hujan di wilayah Indonesia, beberapa di antaranya ialah posisi lintang, ketinggian tempat, pola angin (angin pasat dan monsun), dengan sebaran dari bentang darat dan perairan, serta pegunungan dan gunung-gunung yang tinggi. Faktor-faktor inilah yang berpengaruh terhadap variasi dan tipe curah hujan. Berdasarkan proses terjadinya, paling tidak ada 3 tipe pola curah hujan yang terletak di wilayah Indonesia, yakni tipe ekuatorial, monsoon dan hujan lokal (Tukidi, 2010).

Hujan merupakan unsur iklim dominan di wilayah Benua Maritim Indonesia, dengan keberagaman dalam skala ruang dan waktu (As-syakur, dkk., 2011). Adanya hubungan timbal balik yang erat antara atmosfer dan laut sehingga keduanya saling mempengaruhi. Terdapat dua atau lebih fenomena yang terjadi

secara simultan (telekoneksi) yang dapat saling menguatkan atau mereduksi (Wulandari, 2018).

Di wilayah Indonesia banjir merupakan bencana alam yang bisa dikatakan sering terjadi. Bencana ini disebabkan oleh faktor hidrometeorologi yang setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan. Walaupun terkadang tidak menimbulkan kerusakan yang besar namun bencana ini tetap saja merusak infrastruktur dan mengganggu stabilitas perekonomian masyarakat secara signifikan. Banjir dikarenakan tingkat curah hujan yang tinggi, namun tidak diimbangi dengan serapan tanah yang cukup. Atau dapat terjadi dalam bentuk rob atau bandang (BNPB, 2014).

Banjir yang diakibatkan oleh hujan lebat yang terjadi di beberapa daerah di Provinsi Sulawesi Utara yang terjadi pada awal tahun yakni bulan Januari tahun 2021. Dimana bencana banjir terjadi dikarenakan beberapa hari terakhir wilayah Sulawesi Utara dilanda oleh cuaca ekstrem. Cuaca ekstrem yang dimaksudkan disini adalah hujan lebat, angin kencang dan gelombang tinggi yang terjadi di beberapa wilayah perairan yang ada di Sulawesi Utara. Berdasarkan analisis BMKG, adanya daerah tekanan rendah (1006 hpa) di sekitar Laut Sulawesi dengan kecepatan angin maksimum 25 Knot yang berdampak peningkatan tinggi gelombang air laut. Selain adanya pengaruh dari daerah tekanan rendah, ternyata terjadi pasang surut air laut maksimum pada tanggal terjadinya bencana banjir. Peristiwa yang terjadi yang menyebabkan banjir di daerah tersebut dikarenakan naiknya air laut di daerah pesisir dan disertai angin kencang di daerah ini dan terjadi fase pasang air laut yang maksimum (Pranita, 2021).

Peringatan dini adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk memberikan peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya

suatu bencana di suatu tempat oleh lembaga yang berwenang. Masyarakat merupakan elemen yang memiliki peran dalam efektifitas sistem peringatan dini ini. Namun dalam peringatan dini perlu pula diperhatikan terlalu banyaknya peringatan yang salah memberikan dampak yang tidak baik, dengan mengakibatkan kejenuhan atas peringatan yang terus menerus, sehingga akhirnya sistem peringatan menjadi tidak efektif lagi (BNPB, 2012).

Oleh karenanya, penelitian ini dilakukan terkait verifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh pihak BMKG secara resmi terhadap bencana banjir yang terjadi di beberapa daerah di Provinsi Sulawesi Utara dengan menggunakan metode *Peirce Skill Score* (PSS) yang memperhatikan beberapa parameter cuaca yang terjadi dalam hal ini curah hujan dan kecepatan angin.

I.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi pada verifikasi prediksi menggunakan data Curah Hujan dan Kecepatan Angin serta data Peringatan Dini yang dikeluarkan oleh BMKG melalui situs resmi yang dimiliki yaitu laman sosial media dengan nama pengguna @infobmkg. Data Prediksi dan Observasi dalam penelitian ini diambil mulai dari tanggal 2 – 30 Januari 2021. Untuk memverifikasi prediksi ini digunakan metode *Peirce Skill Score* (PSS).

I.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini, ialah bagaimana verifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait Banjir yang terjadi di Sulawesi Utara ?

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini ialah Memverifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait Banjir yang terjadi di Sulawesi Utara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Topografi Wilayah

Provinsi Sulawesi Utara secara geografis berada pada posisi $00^{\circ}15'51''$ - $05^{\circ}34'06''$ Lintang Utara dan $123^{\circ}07'00''$ - $127^{\circ}10'30''$ Bujur Timur, Kota Manado terletak di antara $1^{\circ}30'$ - $1^{\circ}40'$ Lintang utara dan $124^{\circ}40'$ - $126^{\circ}50'$ Bujur Timur. Baik secara geografis, geologis, hidrologis maupun demografiis, Sulawesi Utara dan sekitarnya memiliki kondisi wilayah yang rawan bencana. Daerah Sulawesi Utara berada di pertemuan beberapa lempeng tektonik bumi, yang kelilingi oleh beberapa gunung berapi, dan merupakan daerah kepulauan serta degradasi lingkungan yang tinggi. Oleh sebab itu, wilayah Sulawesi Utara dan sekitarnya memiliki potensi besar sebagai daerah rawan bencana (Laurenz, dkk., 2019).

Provinsi Sulawesi Utara merupakan provinsi kepulauan yang terdiri dari 287 pulau dengan 59 pulau yang berpenduduk dan 228 pulau yang tidak berpenduduk. Sulawesi Utara memiliki sungai yang mengalir sebanyak 30 sungai. Dimana provinsi ini termasuk dalam daerah rawan bencana alam (Laurenz, dkk., 2019).

II.2 Unsur Cuaca

Cuaca merupakan suatu keadaan udara pada saat tertentu dan di wilayah tertentu yang relatif sempit (tidak luas) dan pada jangka waktu yang singkat. Atau definisi cuaca adalah suatu keadaan udara harian pada suatu tempat tertentu dan meliputi wilayah yang sempit, keadaan cuaca ini bisa berubah setiap harinya (Guru Pendidikan, 2021).

Dari unsur–unsur iklim ataupun cuaca di wilayah Indonesia secara faktor fisiografis terdapat 3 tipe curah hujan, yaitu tipe ekuatorial, tipe monsun dan tipe lokal. Adapun beberapa faktor fisis yang berperan penting terhadap proses terjadinya hujan di wilayah Indonesia beberapa diantaranya posisi lintang, pola angin (angin pasat dan angin *monsoon*). Adapun unsur cuaca yang akan dibahas pada penelitian ini ialah curah hujan dan kecepatan angin (Laurenz, dkk., 2019).

II.2.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah ketinggian dari air hujan yang jatuh pada luasan permukaan dengan anggapan bahwa air hujan tersebut tidak menguap dan meresap. Dalam pengertian Sains Atmosfer atau Meteorologi, curah hujan digolongkan sebagai hujan curah dengan curahan yang terdiri dari tetes air berdiameter dan intensitas lebih besar dari tetes hujan biasanya dimana $d > 0,5$ mm dan $I > 1,25$ mm/jam, dari sistem atmosfer yang jatuh ke permukaan bumi (Suryanto, dkk., 2016). Di Indonesia curah hujan tahunan memiliki rata–rata berkisar antara 2000-3000 mm, dengan rata-rata hujan bulanan 150-700 mm (Aldrian, 2000). Jika intensitas curah hujan lebih dari 125 mm/hari atau 400 mm/hari maka curah hujan tersebut di kategorikan ekstrim (Laurenz, dkk., 2019).

Di Negara Indonesia curah hujan memiliki satuan yang dinyatakan dalam satuan milimeter (mm) atau inchi. Dalam artiannya jika air yang tertampung mencapai satu liter atau dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter berarti bahwa curah hujan terdapat 1 mm . Sedangkan Intensitas curah hujan yaitu jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu tertentu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/tahun, dan sebagainya yang berturut-turut sering disebut hujan jam - jaman, hujan harian, hujan tahunan,

dan sebagainya. Dimana biasanya data yang digunakan untuk analisis intensitas curah hujan ialah nilai maksimum, minimum dan nilai rata-rata dari curah hujan (Nurasiah, 2019). Adapun klasifikasi kriteria curah hujan terdapat pada **Tabel 2.1** menurut (WMO, 2008):

Tabel 2.1 Klasifikasi Curah Hujan

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.2.2 Angin

Angin merupakan udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu/temperatur rendah ke wilayah bersuhu tinggi (Kartasapoetra dan Ance, 2004).

Angin dapat pula diartikan sebagai gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi yang dimana udaranya bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin dapat disebabkan oleh adanya beda tekanan permukaan bumi yang membujur. Kekerasan permukaan bumi dapat menimbulkan gaya geseki pada angin permukaan. Kecepatan angin dapat melemah karena adanya gaya gesek yang terjadi (Nurhayati dan Amiruddin, 2016).

Angin dapat terjadi jika pada suatu saat terjadi perbedaan tekanan udara pada arah mendatar, sehingga terjadi perpindahan massa udara dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah (Soepangkat, 1994). Gerakan arus angin jarang sekali dapat berlangsung dalam keadaan rata atau halus, tetapi umumnya hal ini dapat terganggu oleh adanya turbulensi dalam berbagai bentuk dan ukuran yang berkembang dan saling mengganggu dengan arah dan gerakannya. Turbulensi merupakan salah satu akibat dari gesekan antara udara yang bergerak dengan permukaan bumi yang umumnya tidak rata yang di dalam udara akan menimbulkan pusaran angin dan dibarengi dengan hembusan yang keras (Fadholi, 2012).

II.3 Cuaca Ekstrem

Cuaca ekstrem adalah peristiwa atmosfer dengan uncur cuaca yang bersifat ekstrim atau tidak seperti kondisi rata - rata (kondisi normalnya), sesuai sifatnya dari definisi cuaca, dan memiliki dimensi waktu yang cenderung singkat, bisa terjadi dalam satuan detik, menit, jam, dan hari, namun cuaca ekstrem yang paling lama biasanya terjadi sampai 36 jam. Cuaca yang tergolong ekstrim dan dapat dilihat secara kasat mata adalah fenomena cuaca yang memiliki potensi menimbulkan bencana, menghancurkan tatanan kehidupan sosial, atau yang menimbulkan korban baik materiil maupun imateriil (Yushar dan Ariastuti, 2017).

Cuaca ekstrem ini memiliki tipe yang sangat bergantung pada lintang tempat, ketinggian, topografi dan kondisi atmosfer. Beberapa contoh fenomena cuaca yang termasuk sebagai kejadian cuaca ekstrem adalah angin kencang, hujan lebat, gelombang tinggi, waterspout, hujan es dan suhu ekstrem dingin/panas (Panjaitan, 2017).

II.3.1 Hujan Lebat

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. Intensitas hujan merupakan ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi (Loebis, 1992). Besarnya intensitas curah hujan berbeda - beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Untuk mendapatkan intensitas curah hujan, alat penangkap hujan harus mampu menangkap atau mencatat besarnya volume hujan dan jika waktu mulai berlangsungnya hujan sampai hujan tersebut berhenti. Alat yang digunakan pada umumnya adalah alat penangkap hujan otomatis (Triangga, 2020).

Intensitas curah hujan yang terjadi biasanya berlangsung dalam jangka waktu yang singkat dan mencakup daerah yang tidak luas, berbanding terbalik dengan hujan yang mencakup daerah yang luas memiliki intensitas curah hujan yang tinggi, namun dalam hal ini hujan yang berlangsung memiliki durasi yang cukup panjang, tetapi hal ini jarang terjadi, namun jika peristiwa ini terjadi maka volume air yang dihasilkan tinggi (Triangga, 2020).

Hujan dapat dikategorikan menjadi hujan lebat jika curah hujan yang terukur mencapai nilai minimal 50 mm/hari atau 20 mm/jam. Dan pada beberapa contoh kasus hujan lebat, hujan yang terjadi disertai dengan angin kencang dan/atau badai guruh (Yushar, dan Ariastuti, 2017).

Kejadian hujan lebat dengan curah hujan tinggi yang berasal dari proses konvektif dapat berdampak pada terjadinya banjir di beberapa wilayah Indonesia (Tjasyono, 2007). Menurut (Suyono, dkk., 2009) kejadian hujan lebat biasanya disebabkan

oleh adanya curah hujan yang turun dengan intensitas tinggi ditambah dengan keadaan topografi suatu wilayah, luasan daerah serapan air, sistem drainase dan kebiasaan masyarakat. Proses kejadian hujan lebat ataupun badai guntur erat kaitannya dengan kondisi stabilitas udara, sehingga data stabilitas udara mutlak diperlukan dalam penentuan kondisi cuaca serta menjadi acuan dalam melakukan prakiraan jangka pendek (*nowcasting*). Untuk mengetahui kondisi stabilitas udara maka dilakukan pengamatan udara atas (Setyawan dan Saepudin, 2016).

II.3.2 Angin Kencang

Menurut ketentuan BMKG, angin kencang adalah angin yang memiliki kecepatan 25 knots (sekitar 45 km/jam). Sebagai tambahan, menurut (Tjasyono, 2007) angin dikatakan kencang apabila kecepatannya di antara 45-90 km/jam, yang apabila dikonversikan ke dalam skala Beaufort menjadi antara skala Beaufort 6 - 10. Skala Beaufort 7 memiliki dampak kasat mata yaitu pohon bergoyang, dan apabila kita berusaha berjalan melawan angin tersebut juga sulit. Gelombang laut menjadi ganas karena gelombang besar. Sedangkan skala Beaufort 10 memiliki dampak kasat mata antara lain pohon tumbang, bangunan rusak, gelombang laut menjadi sangat tinggi (Yushar, dan Ariastuti, 2017).

Berikut adalah tabel dari skala Beaufort :

Tabel 2.2 Skala Beaufort

Nomor Beaufort	Kekuatan Angin	Kecepatan rata-rata (km/jam)
0	Tenang	< 1
1	Sedikit Tenang	1-5
2	Sedikit Hembusan angin	6-11
3	Hembusan angin pelan	12-19

4	Hembusan angin sedang	20-29
5	Hembusan angin sejuk	30-39
6	Hembusan angin kuat	40-50
7	Mendekati kencang	51-61
8	Kencang	64-74
9	Kencang Sekali	75-87
10	Badai	88-101
11	Badai Dahsyat	102-117
12	Badai topan	>118

II.4 Peringatan Dini (*Warning*)

Peringatan dini adalah serangkaian kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga yang berwenang. Undang Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana mengamankan peringatan dini sebagai bagian dari penyelenggaraan penanggulangan bencana dalam situasi terdapat potensi terjadinya bencana, di samping upaya kesiapsiagaan dan mitigasi bencana (Pasal 34 huruf b) (BNPB, 2017).

Peringatan dini dalam Undang Undang Nomor 24 Tahun 2007 bertujuan untuk pengambilan Tindakan cepat dan tepat dalam rangka mengurangi risiko bencana, serta persiapan tindakan tanggap darurat. Peringatan dini ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu (1) pengamatan gejala bencana, (2) analisis hasil pengamatan gejala bencana, (3) pengambilan keputusan oleh pihak yang berwenang, (4) penyebarluasan informasi tentang peringatan bencana dan (5) pengambilan tindakan oleh masyarakat. Tahapan-tahapan ini kemudian disebut sebagai sistem peringatan dini bencana. Integrasi antar tahapan tersebut dalam

system ini harus diselenggarakan dengan seimbang sehingga menghasilkan manfaat yang optimal dan efektif (BNPB, 2017).

Penyebar luasan peringatan dini yang dilakukan oleh BNPB menekankan langkah-langkah kesiapsiagaan yang disesuaikan dengan peningkatan status potensi ancaman bencana. Hal tersebut dimaksudkan agar masyarakat dapat memiliki kepedulian dan kesadaran bahwa bencana dapat datang sewaktu-waktu sehingga saat terjadi bencana, masyarakat akan mengerti langkah-langkah yang harus dilakukan. Dengan demikian, dampak bencana dapat dikurangi atau diminimumkan bahkan dihindari (BNPB, 2017).

Sistem dari peringatan dini menjadi bagian penting dari mekanisme kesiapsiagaan masyarakat, karena peringatan dini dapat menjadi faktor dan kunci penting yang menghubungkan antara tahap kesiapsiagaan dan tanggapan darurat. Secara teoretis, bila peringatan dini tersampaikan tepat waktu, maka suatu peristiwa yang dapat menyebabkan bencana dahsyat maka dampak negative yang ditimbulkan dapat diperkecil (BNPB, 2012).

Tentunya masyarakat sangat berperan dalam efektifitas sistem peringatan dini ini. Peran ini dicerminkan dengan adanya kesadaran atau kepedulian masyarakat itu sendiri serta pemahaman terhadap sistem peringatan, ditambah dengan kemampuan masyarakat yang terlibat dalam kegiatan-kegiatan terkait (tindakan antisipatif, prosedur evakuasi dan sebagainya). Perlu diperhatikan juga bahwa terlalu banyak peringatan yang salah dapat mengakibatkan kejenuhan atas peringatan yang terus menerus, sehingga akhirnya sistem peringatan menjadi tidak efektif lagi (BNPB, 2012).

II.5 Prediksi Oleh BMKG

Prakiraan Cuaca ialah usaha yang dilakukan untuk mengetahui suatu keadaan cuaca yang akan datang dimana berdasarkan dengan kondisi cuaca terakhir dan yang lampau. Hal ini merupakan salah satu bagian yang sulit dan yang harus dikaji kembali (Olson, dkk., 1995). Metode yang dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan adalah metode objektif dan subyektif. Metode subyektif adalah prediksi yang dilakukan dengan berdasarkan pertimbangan atau penilaian dari seorang prakirawan, sedangkan pada metode objektif, prediksi ini dibuat dengan menggunakan prosedur statistik atau numerik (Murphy dan Brown, 1984).

Prakiraan cuaca yang dikeluarkan oleh BMKG dibuat berdasarkan hasil pengamatan cuaca terakhir, analisis hasil luaran model resolusi rendah, dan pengalaman prakirawan dalam menganalisis cuaca. Penggunaan kemampuan analisis dan pengalaman prakirawan dalam memberikan penilaian yang mereka nilai terbaik dalam proses prediksi cuaca, menyebabkan prakiraan ini diklasifikasikan sebagai metode subyektif (Gustari, dkk., 2012). Dalam prakiraan ini dilakukan dengan memasukkan pengamatan atmosfer yang tersedia (peta sinoptik, radar, satelit, dan lain-lain), kondisi cuaca sebelumnya termasuk klimatologi sederhana, serta pengalaman prakirawan dalam situasi meteorologi yang sama. Tipe prakiraan ini dapat dikonversi menjadi tipe dikotomi (*binary events*), yaitu bentuk prakiraan terjadi tidaknya hujan, sedangkan verifikasi dapat dilakukan dengan cara visual, dikotomi, kontinyu, probabilistik, dan spasial (Wilks, 1995).

Prediksi cuaca *numerik* sudah dilakukan lebih dari 150 tahun sejak Departemen Meteorologi Inggris (*United Kingdom Meteorological Office* (UKMO))

mengeluarkan prakiraan cuaca untuk publik dengan menggunakan peta cuaca pada tahun 1854. Namun, tidak berlangsung dengan baik karena ketidakmampuan memberikan pernyataan benar atau pembenaran ilmiah (Ramage,1993). Saat ini model prediksi cuaca numerik telah banyak digunakan untuk menghasilkan prakiraan cuaca oleh banyak institusi penyedia informasi cuaca, baik skala global yang mencakup seluruh bumi maupun skala regional yang hanya mencakup sebagian bumi (Ramage, 1993).

II.6 Verifikasi Prediksi

Verifikasi adalah proses untuk menilai kualitas suatu prediksi (forecast). Prediksi tidak harus memberikan jawaban yang secara pasti untuk suatu kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi. Dalam proses ini, suatu hasil prediksi dibandingkan dengan nilai observasi. Ada 3 alasan utama verifikasi itu dilakukan yaitu (Halide, 2009) :

1. Untuk memantau (monitor) akurasi dari prediksi dan juga melihat apakah prediksi itu semakin lama semakin baik atau malah sebaliknya.
2. Untuk meningkatkan kualitas prediksi. Hal ini bisa dimulai dengan cara menyelidiki kesalahan apa saja yang kita lakukan dalam memprediksi.
3. Untuk membandingkan hasil – hasil prediksi dari beberapa model dalam memprediksi besaran/fenomena yang sama. Dari hasil perbandingan inilah nantinya kita akan menemukan model yang unggul disbanding dengan model-model lainnya dan mengetahui letak/alasan keunggulan model tersebut

Untuk menguji atau memverifikasi suatu prediksi, pada penelitian ini dilakukan perhitungan nilai akurasi prediksi menggunakan *Peirce Skill Score* (PSS).

II.7 Peirce Skill Score (PSS)

Penggunaan metode *Peirce Skill Score* (PSS) biasanya dalam mengukur kemampuan suatu prediksi/ramalan (*forecast*) yang bertujuan untuk membedakan atau mengklasifikasi antara kejadian dan non-kejadian. Pada penelitian ini, keterampilan dalam verifikasi suatu prediksi cuaca ekstrem ditentukan oleh skor *Peirce*-nya dengan melihat tabel kontingensi seperti pada **Tabel 2.3**. Dalam tabel tersebut a, b, c, dan d masing-masing mengacu pada prediksi dan observasi menunjukkan cuaca ekstrem (*hits*), prediksi menunjukkan cuaca ekstrem, tetapi observasi menunjukkan cuaca tidak ekstrem (*false alarms*), prediksi menunjukkan cuaca tidak ekstrem, tetapi observasi menunjukkan cuaca ekstrem (*misses*), dan prediksi dan observasi menunjukkan cuaca ekstrem (*correct rejection*). *Peirce Skill Score* dapat dihitung menggunakan data yang ada pada **Tabel 2.3**,

Tabel 2.3 Tabel Kontingensi *Yes/No Forecast*

<i>Forecast</i>	<i>Observed</i>	
	<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Yes</i>	<i>A</i> <i>(hits)</i>	<i>B</i> <i>(false alarms)</i>
<i>No</i>	<i>C</i> <i>(misses)</i>	<i>D</i> <i>(correct rejection)</i>

Peirce Skill Score (PSS) dapat dihitung menggunakan data dari **Tabel 2.3** dan rumus berikut ini:

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

Keterangan :

a = Prediksi dan observasi menunjukkan cuaca ekstrem.

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

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

d = Prediksi dan observasi menunjukkan cuaca tidak ekstrem.

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 *Peirce Skill Score random-forecast* (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 Peirce Skill Score random-forecast* (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 $PSS \pm ePSS$ memiliki nilai yang cenderung tinggi maka akurasi dari suatu prediksi memiliki hasil akurasi yang bagus, sedangkan jika nilai $PSSr \pm ePSSr$ yang cenderung rendah maka dapat dikatakan bahwa prediksi yang dilakukan memiliki nilai akurasi yang kecil dengan kata lain prakiraan yang dilakukan memiliki tingkat keyakinan yang rendah. Jika nilai $PSS \pm ePSS$ berbeda dengan nilai $PSSr \pm ePSSr$ maka dapat disimpulkan bahwa akurasi perkiraan memiliki hasil yang bagus dengan keyakinan yang digunakan yaitu 95% (Halide, 2009).