

*Skripsi Geofisika*

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (WARNING) BMKG TERKAIT  
BENCANA BANJIR DI NUSA TENGGARA BARAT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**DHEA EKA PUTRI  
H061181331**



**DEPARTEMEN GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**HALAMAN JUDUL**  
**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (WARNING) BMKG TERKAIT**  
**BENCANA BANJIR DI NUSA TENGGARA BARAT**

**SKRIPSI**

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

**Disusun dan diajukan oleh:**

**DHEA EKA PUTRI**

**H061181331**

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

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (*WARNING*) BMKG  
TERKAIT BENCANA BANJIR DI NUSA TENGGARA BARAT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**DHEA EKA PUTRI**

**H061181331**

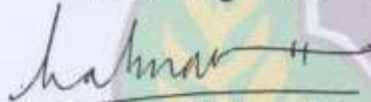
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas  
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

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 Hamzan, M.Eng.  
NIP. 196609291993031003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dhea Eka Putri  
NIM : H061181331  
Departemen : Geofisika  
Judul Tugas Akhir : Verifikasi Peringatan Dini (*Warning*) BMKG  
Terkait Bencana Banjir di Nusa Tenggara 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, 24 November 2021

Yang Membuat Pernyataan,



**Dhea Eka Putri**

## SARI BACAAN

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan lembaga berwenang dalam penyampaian peringatan dini (*warning*) cuaca ekstrem di Indonesia. Penyampaian *warning* ini perlu dilakukan verifikasi untuk mengetahui keakuratannya. Melalui penelitian ini dilakukan verifikasi menggunakan metode *Peirce Skill Score* (PSS) untuk mendapatkan nilai *peirce* dengan menyesuaikan data observasi berupa data curah hujan dan kecepatan angin. Dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan studi kasus bencana banjir di Nusa Tenggara Barat sebagai akibat dari cuaca ekstrem. Penelitian ini mendapatkan hasil nilai PSS  $\pm$  ePSS sebesar  $0.2756 \pm 0.1227$  dan PSSr  $\pm$  ePSSr sebesar  $0 \pm 0.1245$  untuk curah hujan sedangkan untuk kecepatan angin memiliki nilai PSS  $\pm$  ePSS sebesar  $0.0445 \pm 0.1215$  dan PSSr  $\pm$  ePSSr sebesar  $0 \pm 0.1215$  dimana secara keseluruhan peringatan dini (*warning*) BMKG lebih banyak mengeluarkan parameter *false alarm* yang artinya peringatan dini belum maksimal akurat dalam memprediksi terjadinya cuaca ekstrem khususnya di daerah penelitian yaitu Nusa Tenggara Barat.

Kata Kunci: *Warning* BMKG, Cuaca Ekstrem, PSS, Banjir

## **ABSTRACT**

The Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) is the authorized agency in delivering early warnings of extreme weather in Indonesia. Submission of this warning needs to be verified to determine its accuracy. Through this study, verification was carried out using the Peirce Skill Score (PSS) method to obtain the Peirce value by adjusting the observation data in the form of rainfall data and wind speed. This research was conducted based on a case study of the flood disaster in West Nusa Tenggara as a result of extreme weather. This study obtained the  $PSS \pm ePSS$  value of  $0.2756 \pm 0.1227$  and  $PSSr \pm ePSSr$  of  $0 \pm 0.1245$  for rainfall while for wind speed the  $PSS \pm ePSS$  value of  $0.0445 \pm 0.1215$  and  $PSSr \pm ePSSr$  of  $0 \pm 0.1215$  where overall early warning BMKG issues more false alarm parameters, which means that early warnings are not maximally accurate in predicting the occurrence of extreme weather, especially in the research area, namely West Nusa Tenggara.

Keywords: BMKG Warning, Extreme Weather, PSS, Flood

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaykum Wa Rahmatullaahi Wa Barakaatuuh.*

*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) BMKG Terkait Bencana Banjir di Nusa Tenggara Barat**”. Shalawat dan Salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad *Shalallahu 'Alaihu Wassalam.* 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 Kuasa, penyusunan skripsi ini dapat selesai tepat waktu. Pada kesempatan ini izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih kepada Orang Tua tercinta Bapak **Agus Gumelar** dan Ibu **Lilik Puspawati, S.Pd.** serta adik satu-satunya **Dwika Dendrawan** 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 tulus hati penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.sc** selaku Pembimbing Utama dalam penulisan Skripsi ini. Terima kasih atas segala waktu, nasihat dan

segala hal yang diluangkan untuk penulis hingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M. Si.** selaku Pembimbing Pertama. Terima kasih untuk bimbingan serta segala bentuk saran untuk penulis selama penulisan skripsi ini.
3. Bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si.** dan Bapak **Dr. Muhammad Hamzah, S.Si., M.T.** selaku dosen penguji. Terima kasih atas kritik dan saran yang akhirnya membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh dosen Departemen Geofisika terkhusus Bapak **Syamsuddin, S.Si., M.T.** selaku Dosen Pembimbing Akademik, Staf FMIPA UNHAS, Staf Departemen Geofisika, Staf Laboratorium, serta Staf Perpustakaan FMIPA UNHAS dan Staf Perpustakaan Umum atas semua ilmu yang telah diajarkan, serta bantuan dan arahan yang bermanfaat bagi penulis.
5. Kepada kakak-kakak Geofisika FMIPA Unhas terkhusus Kak **Muh. Syafrizal, S.Si.** yang telah banyak memberikan saran, meluangkan waktu dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Kepada teman-teman seperjuangan dalam penyusunan Skripsi ini, **Sri Wahyuni, Aini Suci Febrianti,** dan **Johanna Diharti.**
7. Kepada teman-teman **Geofisika 2018, HMGF 2018** dan **Himafi 2018** yang telah mendukung dan kebersamai penulis selama masa perkuliahan.
8. Kepada kakak – kakak dan teman – teman **Ikatan Pelajar Mahasiswa Luwu Timur Komisariat Angkona** sebagai tempat berbagi cerita di perantauan.



9. Kepada teman – teman Kuliah Kerja Nyata Gelombang 106 posko **Biringkanaya 3**, sudah bekerjasama untuk menyelesaikan 4 sks dengan penuh cerita.
10. Kepada **Aini** dan **Windy**, sebagai teman Kerja Praktek dengan penuh drama selama sebulan di BMKG Sultan Hasanuddin Makassar.

Penulis telah mengerahkan segala pemahaman dan kemampuan penulis dalam proses penyusunan skripsi ini hingga selesai. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis.

## DAFTAR ISI

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

II.3.2 Angin Kencang.....	8
II.4 Peringatan Dini ( <i>Warning</i> ) Cuaca .....	10
II.5 Prediksi Cuaca Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).....	10
II.6 Verifikasi Prediksi .....	11
II.6.1 <i>Peirce Skill Score</i> (PSS) .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
III.1 Alat dan Bahan.....	15
III.1.1 Alat.....	15
III.1.2 Bahan.....	15
III.2 Prosedur Penelitian.....	16
III.2.1 Persiapan dan Pengumpulan Data.....	16
III.2.2 Pengolahan Data.....	16
III.3 Bagan Alir .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
IV.1 Hasil .....	20
IV.1.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> .....	20
IV.1.1.1 <i>Peirce Skill Score Time Series Angin</i> .....	20
IV.1.1.2 <i>Peirce Skill Score Time Series Hujan</i> .....	21
IV.1.2 <i>Peirce Skill Score</i> Daerah Nusa Tenggara Barat .....	23
IV.1.2.1 <i>Peirce Skill Score Angin</i> Daerah Nusa Tenggara Barat .....	23
IV.1.2.1 <i>Peirce Skill Score Curah Hujan</i> Daerah Nusa Tenggara Barat.....	24
IV.2 Pembahasan.....	26
IV.2.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> .....	26

IV.2.1.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Kecepatan Angin .....	26
IV.2.1.2 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Curah Hujan.....	27
IV.2.2 <i>Peirce Skill Score</i> Daerah Nusa Tenggara Barat .....	29
IV.2.2.1 <i>Peirce Skill Score</i> Angin Daerah Nusa Tenggara Barat .....	29
IV.2.2.2 <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan Daerah Nusa Tenggara Barat.....	30
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	31
V.1 Kesimpulan .....	31
V.2 Saran.....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	32
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 4.1</b>	Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Angin 19 Maret – 16 April 2021 .....	20
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan 19 Maret – 16 April 2021..	22
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Angin Daerah Nusa Tenggara Barat.....	23
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan Daerah NTB .....	25

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Skala Beaufort .....	9
<b>Tabel 2.2</b> Skema Tabel Kontingensi .....	13
<b>Tabel 4.1</b> Parameter <i>Peirce</i> Untuk Angin .....	20
<b>Tabel 4.2</b> Parameter <i>Peirce</i> Untuk Hujan.....	21
<b>Tabel 4.3</b> Parameter <i>Peirce</i> Untuk Angin Daerah Nusa Tenggara Barat.....	23
<b>Tabel 4.4</b> Parameter <i>Peirce</i> Curah Hujan Daerah Nusa Tenggara Barat .....	24

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Nusa Tenggara Barat terletak pada 115° 46' - 119° 5' Bujur Timur dan 8° 10' - 9° 5' Lintang Selatan. Nusa Tenggara Barat berada di Selatan Laut Jawa dan Laut Flores, sebelah Utara Samudera Hindia, sebelah Timur Selat Lombok dan Provinsi Bali, dan sebelah Barat Provinsi Nusa Tenggara Timur. Provinsi ini merupakan salah satu provinsi di Indonesia bagian Timur yang memiliki iklim Tropis dengan 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Ketika musim hujan tiba, maka daerah ini rentan mengalami bencana hidrometeorologi (NTB, 2021). Bencana hidrometeorologi adalah bencana alam yang disebabkan oleh faktor atmosfer seperti curah hujan dan kecepatan angin. Bencana yang termasuk dalam bencana meteorologi ialah banjir. Seperti berita yang dimuat dalam Kompas.com dan CNN Indonesia, pada tanggal 2 April 2021 terjadi banjir bandang di salah satu Kabupaten di Nusa Tenggara Barat yang merendam ribuan rumah masyarakat dan puluhan ribu orang terdampak dalam bencana ini. Bencana yang disebabkan oleh kondisi atmosfer pada dasarnya dapat diprediksi kapan akan terjadi dengan melihat gejala-gejala atmosfer.

Di Indonesia, instansi yang memiliki wewenang resmi dalam menyampaikan ramalan atau prediksi cuaca termasuk peringatan dini cuaca ekstrim adalah Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Peringatan dini cuaca ekstrim ini sangat berguna bagi masyarakat terdampak untuk melakukan antisipasi sebelum cuaca buruk itu terjadi. Dengan adanya antisipasi bencana alam maka kerugian-kerugian akibat bencana tersebut dapat diminimalisir. Dalam pengantar “Pedoman

WMO pada Praktek Pelayanan Cuaca Publik” dinyatakan bahwa peringatan dini hanya apabila mudah diakses oleh masyarakat, pesan disampaikan oleh Lembaga berwenang, dapat dipercaya dan adanya tindaklanjut dari pesan yang disampaikan (BNPB, 2018). Masyarakat dapat dengan mudah memantau peringatan dini cuaca buruk ini diberbagai akun media sosial resmi BMKG. Namun yang menjadi permasalahan adalah masyarakat menganggap peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkadang kurang akurat. Anggapan seperti ini yang menyebabkan masyarakat kurang memperhatikan peringatan yang dikeluarkan oleh BMKG melalui akun media sosial resmi mereka. Kemudian dengan kurangnya perhatian masyarakat mengenai peringatan dini, maka antisipasi penanggulangan pra-bencana menjadi semakin rendah yang mengakibatkan kurangnya kesiapsiagaan masyarakat menghadapi bencana alam.

Dalam analisis peramalan cuaca sebaiknya digunakan metode verifikasi prediksi, sehingga dapat diketahui seberapa akurat prediksi tersebut. Dalam verifikasi prediksi, ada 2 metode yang telah lazim digunakan yaitu Korelasi Pearson dan *Root Mean Squared Error* (Makridakis dkk., 1998 dalam Halide, 2016). Kedua metode tersebut dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variable yaitu variabel terikat dan variabel bebas.

Pada tahun 2013, Nurjannah Sudirman melakukan penelitian dengan verifikasi prediksi dikhotomi menggunakan nilai *Peirce Skill Score* (PSS) untuk memverifikasi prediksi produktivitas sayuran di Kota Makassar. Dalam penelitian tersebut dihasilkan bahwa verifikasi menggunakan PSS cukup baik dalam mengoreksi tingkat keakuratan suatu prediksi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini verifikasi prediksi dengan nilai *Peirce Skill Score* (PSS) akan digunakan untuk memverifikasi keakuratan prediksi peringatan dini yang disampaikan oleh BMKG.



Dengan mengacu pada hasil penelitian, Lembaga pemerintah terkait dapat meningkatkan keakuratan peramalan cuaca dan masyarakat memperoleh informasi peramalan cuaca dengan lebih baik. Diharapkan dapat membantu masyarakat dalam penanggulangan pra-bencana sehingga mengurangi kerugian dan jumlah korban jiwa dalam bencana meteorologi.

## **I.2 Ruang Lingkup**

Penelitian ini menggunakan data dari NOAA berupa data curah hujan dan kecepatan angin pada hari terjadinya bencana banjir di Kabupaten Bima yaitu tanggal 2 April 2021, dan 28 data lainnya berupa 14 hari sebelum bencana dan 14 hari setelah bencana yaitu tanggal 19 Maret 2021 – 16 April 2021. Dalam penelitian ini akan dilakukan verifikasi menggunakan nilai *Peirce Skill Score* untuk mengetahui tingkat keakuratan prediksi berupa peringatan dini yang disampaikan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika melalui akun media sosial BMKG.

## **I.3 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pemodelan verifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait banjir yang terjadi di Nusa Tenggara Barat?

## **I.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penelitian ini adalah memverifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait banjir yang terjadi di Nusa Tenggara Barat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Topografi Daerah Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada beberapa wilayah di Nusa Tenggara Barat. Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu provinsi yang terletak di Indonesia bagian Timur. Secara astronomi terletak antara 8°10' - 9°5' LS dan antara 115°46' - 119°05' BT. Sedangkan secara geografis NTB memiliki batas – batas : sebelah Utara terdapat Laut Jawa dan Laut Flores; bagian Selatan terdapat Samudera Hindia; bagian Barat terdapat Selat Lombok dan batas Provinsi Bali; bagian Timur terdapat Selat Sape dan Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTB Dalam Angka, 2021).

Nusa Tenggara Barat merupakan provinsi di Indonesia dengan 2 pulau utama yaitu Sumbawa dan Lombok juga dikelilingi 280 pulau-pulau kecil. Luas keseluruhan Provinsi Nusa Tenggara Barat adalah 20.124,48 km<sup>2</sup>. Topografi wilayah NTB beragam, mulai dari 0 – 166,00 mdpl, dengan wilayah Lombok Timur sebagai wilayah tertinggi dan wilayah Sumbawa Barat menjadi wilayah terendah dengan ketinggian 11,00 mdpl. Sedangkan untuk wilayah Bima (Lokasi terjadinya bencana banjir dalam kajian ini) memiliki ketinggian 21,00 mdpl. Kemiringan tanah didominasi oleh kemiringan tanah berkisar antara 15 - 40% seluas 704.619 Ha (34,96%) sedangkan yang paling sempit termasuk klasifikasi kemiringan tanah 0-2% seluas 338.552 Ha (16,80%).

Nusa Tenggara Barat menjadi bagian dari Indonesia yang merupakan negara beriklim tropis. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik melalui “Nusa Tenggara Barat dalam Angka tahun 2021” menjelaskan bahwa terdapat 3 stasiun BMKG di

Nusa Tenggara Barat yang memantau kondisi cuaca di wilayah tersebut. Pada 2020, Nusa Tenggara Barat memiliki rata – rata kecepatan angin sebesar 41,66 m/det. Dan jumlah curah hujan sepanjang 2020 sebesar 15.361 mm.

Kabupaten Bima (wilayah kajian bencana banjir) termasuk ke dalam wilayah dengan potensi cukup besar akan mengalami bencana banjir, wilayah tersebut ialah wilayah di sepanjang aliran sungai di Sori Wawo Maria, Karumbu, Lambu, wilayah Sape dan sekitarnya, Wera, Jatiwangi, Ntoke-Tawali, dan daerah di sekitar aliran sungai dalam wilayah Kabupaten Bima (RTRW Provinsi NTB, 2018).

## **II.2 Unsur Cuaca**

Menurut Kaho dalam Modul Interpretasi Cuaca dan Iklim untuk Petani dan Nelayan tahun 2014, cuaca merupakan bentuk awal yang dihubungkan dengan pengertian dan penafsiran terhadap kondisi udara sesaat pada suatu lokasi dan suatu waktu tertentu. Sederhananya, cuaca dapat diartikan sebagai sesuatu yang terjadi saat ini dan dapat berubah dari masa ke masa.

Berdasarkan *World Climate Conference* tahun 1979, cuaca diartikan sebagai keadaan atmosfer secara keseluruhan pada suatu saat, termasuk perubahan, perkembangan, dan menghilangnya suatu fenomena. Peneliti lain mendefinisikan cuaca sebagai suatu situasi dimana variabel atmosfer secara keseluruhan dalam selang waktu yang pendek di suatu tempat (Trewartha, 1980) dan cuaca sebagai keadaan atmosfer yang dinyatakan dalam nilai beberapa parameter, antara lain suhu, kelembaban, tekanan, angin, dan berbagai fenomena hujan, di suatu tempat atau wilayah selama kurun waktu yang singkat (Gibbs, 1987). Ada banyak factor yang mempengaruhi terjadinya cuaca, diantaranya adalah curah hujan dan angin.

### **II.2.1 Curah Hujan**

Hujan adalah salah satu bentuk presipitasi di atmosfer berasal dari uap air yang terdapat di awan (Kartasapoetra 2004 dalam Miftahuddin 2016). Selain hujan, bentuk presipitasi yang juga dapat terjadi ialah salju dan es, tergantung bagaimana keadaan udara Ketika presipitasi tersebut terjadi. Untuk dapat terjadi hujan diperlukan titik-titik kondensasi dan asam belerang. Titik-titik kondensasi inilah yang berperan dalam pengambilan uap air dari udara. Curah hujan sangat berpengaruh terhadap berbagai aktivitas kehidupan manusia dan pada kenyataannya curah hujan hanya dapat dikendalikan dan dimodifikasi dalam skala kecil, sulit untuk melakukannya jika dalam cakupan yang luas (Prang 2006 dalam Tresnaini 2020).

Menurut Bayong Tsasyono 1982 dalam Rivai 2013 terdapat dua tipe utama sumber curah hujan di Indonesia, yaitu dari curah hujan konveksional dan curah hujan orografik. Selain tipe utama, juga terdapat dua tipe penting sumber curah hujan yang terjadi di Indonesia yakni curah hujan siklonik di sekitar perairan Indonesia dan curah hujan konvergensi oleh zona konvergensi intertropis yang bergerak mengikuti arah gerak tahunan matahari ke utara dan ke selatan ekuator.

### **II.2.2 Kecepatan Angin**

Angin merupakan keadaan dimana terjadinya perpindahan massa udara akibat adanya perbedaan tekanan di suatu wilayah dan juga diakibatkan oleh adanya rotasi bumi. Massa udara adalah udara dalam ukuran yang sangat besar dan mempunyai sifat fisik seragam dalam hal ini yaitu temperatur dan kelembaban yang bergerak

dalam arah horizontal (Kartasapoetra 2004 dalam Tresnaini 2020). Massa udara ini bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi menuju daerah dengan tekanan lebih rendah, hal ini sesuai dengan prinsip Hukum Buys Ballot. Kecepatan angin adalah rata-rata laju pergerakan angin yang diperoleh dari hasil pengukuran harian dan dirata-ratakan setiap bulan dengan satuan knot (Neiburger, 1995).

### **II.3 Cuaca Ekstrem**

Indonesia adalah salah satu wilayah dengan intensitas terjadinya cuaca ekstrem yang cukup sering. Cuaca ekstrem merupakan suatu fenomena atmosfer ketika cuaca yang terjadi mengalami penyimpangan dari keadaan normal. Waktu kejadiannya cenderung kecil, berkisar hitungan menit sampai hitungan hari dan apabila hal tersebut telah terjadi dapat berpotensi menimbulkan bencana hidrometeorologi di daratan misalnya banjir dan angin kencang (BMKG, 2019).

Menurut Peraturan KBMKG No. 009 Tahun 2010, cuaca ekstrem adalah kejadian cuaca yang tidak normal, tidak lazim, yang dapat mengakibatkan kerugian terutama keselamatan jiwa dan harta. Terdapat berbagai macam cuaca esktrm yang dapat terjadi di darat maupun di laut, dua diantaranya ialah hujan lebat maupun sangat lebat dan angin kencang. Cuaca ektrem merupakan kondisi cuaca yang tidak biasa terjadi dan sangat jarang terjadi pada suatu wilayah dalam waktu tertentu akibat dari adanya anomali di atmosfer bumi, fenomena ini dapat menimbulkan potensi bencana hidrometeorologi, menghancurkan tatanan kehidupan sosial masyarakat, atau dapat menimbulkan korban jiwa manusia pada daerah berdampak bencana (Kurniawan, 2018).

### **II.3.1 Hujan Lebat**

Pada wilayah dengan iklim tropis seperti di Nusa Tenggara Barat, cuaca yang sangat lazim terjadi salah satunya adalah hujan. Hujan yang terjadi bahkan dapat mencapai kategori hujan sangat lebat atau hujan ekstrem. Menurut peraturan BMKG Bab I pasal 1 tahun 2010 Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem, hujan lebat adalah hujan dengan intensitas paling rendah 50 mm/24 jam dan atau 20 mm/jam. Hujan dengan intensitas sangat lebat dan berlangsung dalam kurun waktu yang lama dapat menyebabkan beberapa bencana hidrometeorologi misalnya banjir dan tanah longsor. Jumlah curah hujan dicatat dalam inci atau milimeter (1 inci = 25.4 mm). jumlah curah hujan 1 mm menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan 1 mm, jika air tersebut tidak meresap ke dalam tanah atau menguat ke atmosfer (Tjasyono, 2004 dalam Tresnaeni, 2020). Terdapat skala probabilitistik curah hujan selama 24 jam untuk menentukan intensitas hujan (BMKG, 2021) ialah sebagai berikut:

- 0 mm/hari : berawan
- 0.5 – 20 mm/hari : hujan ringan
- 20 – 50 mm/hari : hujan sedang
- 50 – 100 mm/hari : hujan lebat
- 100 – 150 mm/hari : hujan sangat lebat
- > 150 mm/hari : hujan ekstrem

### **II.3.2 Angin Kencang**

Angin kencang diatas keadaan normal juga mengidentifikasikan terjadinya cuaca ekstrem yang tidak biasa terjadi di suatu wilayah. Menurut peraturan BMKG Bab I

pasal 1 tahun 2010 Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem, angin kencang adalah angin dengan kecepatan diatas 25 knots atau 45 km/jam. Terjadinya hujan lebat juga sangat sering disertai dengan angin kencang. Kekuatan angin ditentukan oleh kecepatannya, angin akan memiliki kekuatan yang tinggi atau besar apabila angin bertiup dengan kencang (Tjasyono, 1992).

Terdapat skala yang digunakan secara internasional untuk menentukan kekuatan dan kecepatan angin yang dibuat oleh Beaufort pada tahun 1804, disebut sebagai Skala Beaufort yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Skala Beaufort

Kekuatan Angin Skala Beaufort	Kecepatan Angin		Nama	Keterangan
	m/dt	Km/jam		
0	0,0 – 0,5	0 – 1	Angin reda	Tiang asap tegak
1	0,6 – 1,7	2 – 6	Angin sepoi – sepoi	Tiang asap miring
2	1,8 – 3,3	7 – 12	Angin lemah	Daun – daun bergerak
3	3,4 – 5,2	13 – 18	Angin sedang	Ranting – ranting bergerak
4	5,3 – 7,4	19 – 26	Angin tegang	Dahan – dahan bergerak
5	7,5 – 9,8	27 – 35	Angin keras	Batang pohon bergerak
6	9,9 – 12,4	36 – 44	Angin keras sekali	Batang pohon besar bergerak
7	12,5 – 15,2	45 – 54	Angin ribut	Dahan – dahan patah
8	15,3 – 21,5	55 – 56	Angin rebut hebat	Pohon – pohon kecil patah
9	18,3 – 21,5	66 – 77	Angin badai	Pohon – pohon besar patah
10	21,6 – 25,1	78 – 90	Angin badai hebat	Rumah – rumah roboh

11	25,2 – 29,0	91 – 104	Angin taifun	Benda berat berterbangan
12	29 ke atas	105 ke atas	Angin taifun hebat	Benda berat berterbangan hingga beberapa km

#### **II.4 Peringatan Dini (*Warning*) Cuaca**

Menurut peraturan BMKG Bab I pasal 1 tahun 2010 Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem, peringatan dini cuaca ekstrem adalah serangkaian kegiatan pemberian informasi yang berisikan tentang prediksi peluang terjadinya cuaca ekstrem sesegera mungkin kepada masyarakat.

Peringatan dini merupakan serangkaian kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu wilayah oleh Lembaga yang berwenang (BNPB, 2012). Peringatan dini cuaca ini sangat penting dilakukan sebagai langkah awal pencegahan terjadinya banyak korban jiwa dan kerugian akibat adanya bencana alam. Dengan adanya peringatan dini cuaca, diharapkan masyarakat dapat melakukan antisipasi dan upaya penyelamatan sesuai bencana yang diprediksi akan terjadi.

#### **II.5 Prediksi Cuaca Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)**

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atau BMKG merupakan badan resmi dalam penyampaian peramalan cuaca ekstrem di Indonesia. Peramalan cuaca ekstrem dapat dilakukan secara objektif dan subjektif. Metode subjektif merupakan peramalan yang dilakukan berdasarkan penilaian dan pertimbangan praktisi, sedangkan peramalan secara objektif berarti peramalan menggunakan prosedur numerik atau statistik. Prediksi cuaca secara numerik telah dilakukan lebih dari 150



tahun sejak Departemen Meteorologi Inggris (*United Kingdom Meteorological Office*) mempublikasikan prakiraan cuaca menggunakan peta cuaca pada tahun 1854. Kemudian saat ini model prediksi cuaca secara numerik telah digunakan oleh banyak instansi penyedia informasi cuaca baik skala regional maupun skala global. Peramalan cuaca ekstrem yang dilakukan BMKG ialah menggabungkan metode objektif dan subjektif (Gustari, 2012).

Metode prakiraan semi objektif terdiri dari metode subjektif dan objektif. Data objektif yang digunakan terdiri dari data pengamatan udara atas seperti angin, kelembapan, tekanan udara dan energi. Sedangkan inputan data subjektif berupa data penginderaan jauh seperti data citra satelit.

## **II.6 Verifikasi Prediksi**

Verifikasi merupakan sebuah proses untuk menilai kualitas atau keakuratan suatu prediksi (*forecast*). Dalam proses verifikasi dilakukan perbandingan antara hasil prediksi dengan nilai pengamatan atau observasi (Sudirman, 2013). Prediksi cuaca pada rezim iklim yang berbeda akan menghasilkan kemampuan prediksi yang berbeda untuk satu model prediksi. Baik atau buruknya suatu prakiraan dapat dilihat dari dua sudut pandang yaitu pengguna dan prakirawannya. Dari sudut pandang prakirawannya yang ditinjau ialah kemiripan antara kondisi yang diprediksi dengan kondisi yang terjadi. Sedangkan dari sudut pandang pengguna yang ditinjau adalah peran prakiraan itu sendiri dalam pengambilan keputusan (Gustari, 2012).

Verifikasi prediksi cuaca lebih mengarah pada permasalahan statistik dalam lingkup pengolahan dan penarikan kesimpulan tentang hubungan antara data prediksi dan pengamatan, serta membuat perbandingan antara kemampuan sistem prakiraan.

Ada tiga alasan utama mengapa sebuah verifikasi dilakukan, yaitu sebagai berikut (Halide, 2009):

1. Verifikasi dilakukan untuk mengamati (*monitor*) tingkat akurasi prediksi dan memeriksa apakah prediksi itu semakin lama semakin baik?
2. Verifikasi dilakukan untuk memperbaiki (*improve*) kualitas prediksi. Hal ini bisa dimulai dengan menganalisa kesalahan apa yang telah kita lakukan ketika memprediksi.
3. Verifikasi dilakukan untuk membandingkan (*compare*) hasil-hasil prediksi beberapa model dalam memprediksi besaran atau fenomena yang sama. Dari hasil perbandingan ini, kita akan menemukan model yang unggul dibanding model-model lainnya dan mengetahui letak atau alasan keunggulan model tersebut.

Dalam penelitian ini, untuk memverifikasi peringatan dini cuaca dilakukan dengan melihat nilai *Peirce Skill Score* (PSS).

#### **II.6.1 Nilai *Peirce Skill Score* (PSS)**

*Peirce Skill Score* diformulasikan pertama kali oleh Peirce pada tahun 1884, kemudian banyak diformulasikan kembali oleh ilmuwan lainnya sehingga berkali-kali telah berganti nama misalnya menjadi *Kuipers Skill Score* ataupun *True Skill Score*. Kemudian mengikuti saran Mason (2013), maka verifikasi menggunakan formulasi ini disingkat dengan PSS (Manzato, 2013).

Verifikasi menggunakan nilai PSS mengacu pada tabel kontingensi seperti pada tabel 2.2 yang menunjukkan hubungan antara prediksi dengan data observasi dengan ketentuan sebagai berikut (Prastiwi, 2015):

- a : Prediksi maupun observasi menunjukkan ya ( terdapat *warning* dan terjadi cuaca ekstrem).
- b : Prediksi menunjukkan ya (terdapat *warning*), namun tidak terjadi cuaca ekstrem dalam observasi.
- c : Prediksi menunjukkan tidak (tidak terdapat *warning*), namun terjadi cuaca ekstrem dalam observasi.
- d : Prediksi maupun observasi menunjukkan tidak (tidak terdapat *warning* dan tidak terjadi cuaca ekstrem).

**Tabel 2.2** Skema Tabel Kontingensi

<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>

Dalam penelitian ini yang akan digunakan untuk mengetahui keakuratan prediksi cuaca adalah nilai *peirce skill*-nya dengan formulasi sebagai berikut (Stephenson, 2000 dalam Halide 2009):

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

keterangan rumus sesuai dengan **Tabel 2.2**

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