

Skripsi Geofisika

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (WARNING) BMKG TERKAIT
BENCANA BANJIR DI KALIMANTAN SELATAN**



OLEH

AINI SUCI FEBRIANTI

H061181308

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

HALAMAN JUDUL

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (*WARNING*) BMKG TERKAIT
BENCANA BANJIR DI KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI

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

OLEH

AINI SUCI FEBRIANTI

H061181308

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

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**VERIFIKASI PERINGATAN DINI (*WARNING*) BMKG
TERKAIT BENCANA BANJIR DI KALIMANTAN SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

AINI SUCI FEBRIANTI

H061181308

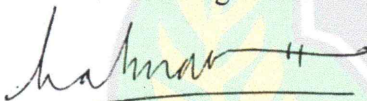
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

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 : Aini Suci Febrianti

NIM : H061181308

Departemen : Geofisika

Judul Tugas Akhir : Verifikasi Peringatan Dini (*Warning*) BMKG
Terkait Bencana Banjir di Kalimantan Selatan

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,



Aini Suci Febrianti

SARI BACAAN

Bencana banjir masih menjadi salah satu permasalahan umum yang sering terjadi di sebagian wilayah Indonesia, umumnya terjadi di daerah yang penduduknya lebih banyak seperti di daerah perkotaan. Risiko yang disebabkan oleh suatu bencana dapat kita minimalisir dampaknya dengan adanya sistem peringatan dini. Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait Banjir yang terjadi di Kalimantan Selatan. Untuk menguji atau memverifikasi suatu prediksi, pada penelitian ini dilakukan perhitungan nilai akurasi prediksi menggunakan *Peirce Skill Score* (PSS) dengan melihat parameter cuaca seperti curah hujan dan kecepatan angin. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan metode *Peirce Skill Score* (PSS) didapatkan bahwa pada 6 daerah penelitian selama 29 hari penelitian menunjukkan nilai $PSS \pm ePSS$ sebesar 0.2054 ± 0.1153 dan nilai $PSSr \pm ePSSr$ sebesar 0 ± 0.1164 untuk kecepatan angin sedangkan untuk curah hujan memiliki nilai $PSS \pm ePSS$ sebesar 0.3077 ± 0.1223 dan nilai $PSSr \pm ePSSr$ sebesar 0 ± 0.1245 artinya peringatan dini yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) terlalu banyak menghasilkan *false alarm*, dimana BMKG memprediksi akan terjadi cuaca ekstrem tapi kenyataannya tidak terjadi cuaca ekstrem.

Kata Kunci: Banjir, Cuaca Ekstrem, *Peirce Skill Score* (PSS), dan Peringatan Dini BMKG.

ABSTRACT

Flood disasters are still one of the common problems that often occur in parts of Indonesia, generally occurring in areas with more population such as urban areas. The risk caused by a disaster can be minimized by having an early warning system. This study aims to verify the early warnings issued by the BMKG regarding the floods that occurred in South Kalimantan. To test or verify a prediction, in this study, the prediction accuracy value was calculated using the Peirce Skill Score (PSS) by looking at weather parameters such as rainfall and wind speed. Based on the results of modeling using the Peirce Skill Score (PSS) method, it was found that in 6 research areas for 29 days the study showed a $PSS \pm ePSS$ value of 0.2054 ± 0.1153 and a $PSSr \pm ePSSr$ value of 0 ± 0.1164 for wind speed while for rainfall it had a PSS value of $\pm ePSS$ of 0.3077 ± 0.1223 and $PSSr \pm ePSSr$ of 0 ± 0.1245 means that the early warning issued by the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) produces too many false alarms where BMKG predicts extreme weather will occur but in reality, extreme weather does not occur.

Keywords: floods, extreme weather, Peirce Skill Score (PSS), and Warning
BMKG.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin. Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini bisa diselesaikan dengan judul **Verifikasi Peringatan Dini (*Warning*) BMKG Terkait Bencana Banjir di Kalimantan Selatan** 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, **H. Naharuddin Supu, S.E., M.Si.** dan **Hj. Andi Fatmawati, S.E., M.Si.**, serta saudara saya **Ainun Rahmawati** dan **Alief Rahman Syahputra**, 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 **Alm. Dr. Paharuddin, M.Si.** dan Bapak **Sabrianto Aswad, S.Si., M.T.** 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 Kak **Muh. Farid Wajedy, S.Si.** yang telah banyak meluangkan dan memberikan bantuan, ilmu, motivasi serta arahan kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
6. 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.
7. Kepada teman seperjuanganku dalam menulis Skripsi **Sri Wahyuni, Dhea Eka Putri** dan **Johanna Diharti.**
8. Kepada **Nino, Cici, Movic dan Hepi** atas segala bantuan dan semangatnya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
9. Kepada **Sobat Esde** terkhusus **Manda, Nunung, Ani, Ana, Fani, Ninil, Dilla, dll,** terimakasih atas segala dukungan dan motivasinya selama ini.
10. Kepada **Sobat Tremendous dan Electron** atas segalan dukungannya selama ini.

11. Kepada **Sobat CBF (Nanni, Esse, Ila, Nia, Yaya, Fira, dan Winda)** atas segala semangat dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
12. Kepada **Sobat A6 (Nisa, Ninil, Tibox, Cuki, Yayas)** yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, dan motivasinya selama ini.
13. Kepada **Sobat Basecamp Salama' (Sri, Jojo, Bonca, Iis, Zefa, Jihan, Fya, Onding, Wilda, Fira)** yang senantiasa memberikan bantuan, saran, dan motivasinya selama ini.
14. Kepada **Sobat UKM Rebahan (Fhaika, Dhea, Wilda, Windy, Jojo, Onding, Cica, Rana, Banne, Ocha, Dilla, Izzah, Rida)** terimakasih atas support dan motivasi yang telah diberikan selama ini.
15. Kepada Teman-Teman **KKN Gel.108 Posko Biringkanaya 8** yang telah bekerjasama untuk menyelesaikan 4 SKS dengan penuh cerita.
16. Kepada Saudara-Saudara **Geofisika18** yang selalu membantu selama kuliah.
17. Kepada Saudara-Saudara **Himafi 2018** yang telah memberikan dukungan, bantuan serta motivasinya selama ini, tetap “**Satu Tekad Taklukkan Waktu**”.
18. Kepada Teman-Teman **KM FMIPA Unhas 2018**, terima kasih atas dukungan dan motivasinya, tetap “**Takkan Pudar**”.
19. Kepada Kakak-Kakak **Himafi 2015**, kakak **Himafi 2016**, dan kakak **Himafi 2017**, terima kasih atas bimbingannya kepada penulis selama ini.
20. Kepada adik-adik **HMGF 2019 (Ita, Mey, Fatiha, Devi, Nurmuslimah, dkk)**, adik-adik **HMGF 2020 (Astri, Azizah, Milka, dkk)**, adik-adik **Himafi 2019 (Nurul, Ririn, dkk)** dan **Himafi 2020 (Harmiati, Isma, Nidia dkk)**, terimakasih atas dukungannya selama ini.

21. 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 karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SARI BACAAN	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup.....	4
I.3 Rumusan Masalah	4
I.4 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Topografi Wilayah.....	5
II.2 Curah Hujan	6
II.3 Angin.....	8
II.4 Cuaca Ekstrem	9
II.4.1 Hujan Lebat	9
II.4.2 Angin Kencang.....	10

II.5 Peringatan Dini	11
II.5.1 Peringatan Dini BMKG	13
II.6 Verifikasi Prediksi	14
II.6.1 <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	18
III.2.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data	19
III.2.2 Tahap Pengolahan Data.....	19
III.3 Bagan Alir Penelitian.....	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 Kalimantan Selatan.....	27
IV.1.2.1 <i>Peirce Skill Score</i> Kecepatan Angin Daerah Kalimantan Selatan.....	27
IV.1.2.2 <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan Daerah Kalimantan Selatan	29
IV.2 Pembahasan.....	31
IV.2.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i>	31
IV.2.1.1 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Kecepatan Angin	31

IV.2.1.2 <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Curah Hujan	32
IV.2.2 <i>Peirce Skill Score</i> Daerah Kalimantan Selatan.....	33
IV.2.2.1 <i>Peirce Skill Score</i> Kecepatan Angin Daerah Kalimantan Selatan .	33
IV.2.2.2 <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan Daerah Kalimantan Selatan	34
BAB V PENUTUP	36
V.1 Kesimpulan	36
V.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.....	22
Gambar 4.1 Grafik <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Kecepatan Angin 31 Desember 2020-28 Januari 2021	24
Gambar 4.1 Grafik <i>Peirce Skill Score Time Series</i> Curah Hujan 31 Desember 2020-28 Januari 2021	26
Gambar 4.3 Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Kecepatan Angin Daerah Kalimantan Selatan.....	27
Gambar 4.3 Grafik <i>Peirce Skill Score</i> Curah Hujan Daerah Kalimantan Selatan	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jumlah Bencana Banjir Tahun 2010-2015 di Kalimantan Selatan.....	6
Tabel 2.2 Kategori Prakiraan Hujan BMKG.....	10
Tabel 2.3 Skala <i>Beaufort</i>	11
Tabel 2.4 Tabel Kontingensi <i>Yes/No Forecast</i>	16
Tabel 4.1 Parameter <i>Peirce</i> Kecepatan Angin	23
Tabel 4.2 Parameter <i>Peirce</i> Curah Hujan.....	25
Tabel 4.3 Parameter <i>Peirce</i> Kecepatan Angin Daerah Kalimantan Selatan.....	27
Tabel 4.4 Parameter <i>Peirce</i> Curah Hujan Daerah Kalimantan Selatan	29

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu wilayah dengan kondisi cuaca dan iklim yang unik. Sebagai salah satu wilayah negara yang berada di daerah tropis, Indonesia sangat berpotensi dengan cuaca ekstrem seperti hujan lebat serta angin kencang. Kejadian hujan lebat yang disertai angin kencang dengan curah hujan tinggi yang berasal dari proses konvektif bisa berdampak pada terjadinya banjir di beberapa wilayah di Indonesia (Tjasyono dkk, 2007 dalam Swastiko dan Rifani, 2017).

Posisi Indonesia yang terletak di kawasan tropis menyebabkan suhu udara relatif hangat disepanjang tahun serta penguapan dan curah hujan yang tinggi. Interaksi yang terjadi di laut dan daratan, skala lokal dan skala yang lebih besar di Indonesia ini bisa menyebabkan pola cuaca dan iklim di masing-masing wilayahnya berbeda satu dengan yang lain (Qian, 2017 dalam Swastiko dan Rifani, 2017).

Banjir dapat diartikan sebagai suatu kondisi dimana debit aliran air sungai dalam jumlah yang tinggi yang relatif lebih besar dibanding dengan kondisi normal yang diakibatkan oleh hujan yang turun di hulu atau di suatu tempat tertentu yang terjadi secara terus menerus, akibatnya air tersebut tidak dapat ditampung lagi oleh sungai, kemudian menyebar keluar sehingga menggenangi daerah sekitarnya. Banjir pun masih menjadi salah satu permasalahan umum yang sering terjadi di sebagian wilayah Nusantara, umumnya terjadi di daerah yang penduduknya lebih banyak seperti di daerah perkotaan (Setiawan dkk, 2015).

Fenomena banjir seringkali mengakibatkan dampak yang cukup parah dan dalam beberapa kasus dapat merenggut korban jiwa. Banjir dapat disebabkan oleh ketidakseimbangan yang terjadi antara aliran masuk (*inflow*) intensitas hujan (debit volume air hujan) yang lebih besar dibanding dengan aliran keluar (*outflow*), evapotranspirasi, infiltrasi, dan limpasan, terlebih apabila drainase (saluran air) dan daerah resapan air yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Umumnya banjir yang terjadi di Indonesia disebabkan oleh sistem cuaca ekstrem basah yang dipengaruhi oleh hujan konveksional, konvergensi, pengaruh siklon tropis, dan adanya fenomena La Nina (Tjasyono dkk, 2007 dalam Prasetyo dkk, 2020).

Salah satu kawasan yang terkena banjir di wilayah Nusantara ialah banjir yang terjadi di Kalimantan. Banjir yang diakibatkan oleh hujan lebat dengan durasi yang lama terjadi di sejumlah wilayah Provinsi Kalimantan Selatan pada Januari 2021 yang lalu. Banjir yang terjadi mengakibatkan sejumlah rumah warga terendam banjir sehingga mengharuskan masyarakat mengungsi dan lebih lagi terdapat sejumlah korban jiwa. Banjir yang terjadi ini diduga disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi sehingga memicu adanya luapan air sungai sejak 9 Januari 2021 (Idham, 2021). Banjir bandang yang telah melanda Kalimantan Selatan juga diduga diakibatkan oleh Daerah Aliran Sungai (DAS) yang kehilangan sekitar 304.225 hektar tutupan hutan sepanjang 2001–2019. Sebagian besar DAS kini berubah menjadi perkebunan kelapa sawit. DAS merupakan kawasan yang seharusnya mampu menampung air saat terjadi hujan di Kalimantan Selatan. Namun, dikarenakan tutupan hutannya berkurang drastis sehingga kemampuan menampung air menjadi berkurang (Ramayanti, 2021).

Risiko yang disebabkan oleh suatu bencana dapat kita minimalisir dampaknya dengan adanya sistem peringatan dini. Dengan adanya peringatan dini bencana, maka diharapkan masyarakat dapat melakukan respon yang sesuai untuk melakukan penyelamatan dan menghindari korban jiwa serta mengurangi dampak yang diakibatkan bencana tersebut. Agar sistem peringatan dini ini dapat berjalan dengan efektif maka dibutuhkan pula partisipasi aktif dari masyarakat yang berada di daerah berisiko, memfasilitasi kegiatan-kegiatan penyadaran publik dan kesiapsiagaan dari masyarakat, serta penyampaian peringatan yang terpercaya.

Peringatan dini adalah salah satu kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat mengenai kemungkinan terjadinya bencana pada suatu wilayah. Akan tetapi, perlu diperhatikan juga bahwa terlalu banyak peringatan yang kurang tepat dapat mengakibatkan kejenuhan atas peringatan yang terus menerus, sehingga sistem peringatan menjadi tidak efektif lagi serta masyarakat tidak akan percaya lagi dengan peringatan yang diberikan (BNPB, 2012). Peringatan dini ini biasanya dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang. Salah satu pihak atau Lembaga yang berwenang mengedarkan informasi peringatan dini bencana ialah Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika atau biasa dikenal dengan sebutan BMKG. Biasanya BMKG mengeluarkan peringatan dini melalui sosial media seperti Instagram, Facebook, Website, dsb.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian terkait verifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait bencana banjir yang terjadi di Provinsi Kalimantan Selatan 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 yang dikeluarkan oleh BMKG melalui sosial media. Data Prediksi dan Observasi dalam penelitian ini diambil mulai dari 31 Desember 2020 – 28 Januari 2021. Untuk memverifikasi prediksi digunakan metode *Peirce Skill Score* (PSS).

I.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pemodelan verifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait Banjir yang terjadi di Kalimantan Selatan?

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah memverifikasi peringatan dini yang dikeluarkan oleh BMKG terkait Banjir yang terjadi di Kalimantan Selatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Topografi Wilayah

Secara geografis, Provinsi Kalimantan Selatan terletak antara 114°20'49,2''–116°32'43,4'' BT dan 1°21'47,88''–4°56'31.56'' LS (Pemda Kalsel, 2012 dalam Wahdianty dkk., 2016). Kalimantan selatan sebagai salah satu kawasan yang memiliki letak geografis bagian selatan Equator. Untuk daerah-daerah yang memiliki tipe hujan Monsun, normalnya musim kemarau/hujan berlangsung 6 bulan (BMKG, 2014 dalam Wahdianty dkk., 2016).

Kalimantan Selatan adalah salah satu Provinsi di Indonesia yang merupakan provinsi dengan risiko terjadinya bencana banjir yang tinggi jika di lihat dari kondisi fisiknya. Kondisi fisik di wilayah Kalimantan Selatan ini sebagian besar tergenang pada saat terjadinya curah hujan yang tinggi. Adapun ketinggian air saat terjadi bencana banjir mencapai 2-3 meter.

Secara geografis, sebagian besar wilayah Kalimantan Selatan berada dibawah permukaan laut sehingga menyebabkan aliran air pada permukaan tanah menjadi kurang lancar. Selain faktor geografis, terjadinya banjir juga dapat pula disebabkan akibat maraknya penambangan batubara di bagian hulu serta adanya *illegal logging*. Kejadian banjir di beberapa kabupaten dan kota di Kalimantan Selatan yang cukup tinggi dapat dilihat pada Tabel 2.1. Tingginya kejadian banjir di Kalimantan Selatan seperti yang ada pada Tabel 2.1 dapat dikarenakan adanya berbagai pemicu seperti

perubahan pada tutupan lahan di daerah hulu yaitu adanya pembukaan hutan serta perkembangan wilayah perkotaan yang cepat (Kumalawati dan Angriani, 2017).

Tabel 2.1 Jumlah Bencana Banjir Tahun 2010-2015 di Kalimantan Selatan (BPBN, 2015 dalam Kumalawati dan Angriani, 2017)

Kabupaten	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Jumlah Per Kabupaten
Banjarmasin	0	1	0	0	0	0	1
Banjarbaru	0	0	0	0	0	0	0
Banjar	4	0	1	1	1	2	11
Tapin	4	0	0	7	7	5	17
HSS	7	0	0	2	2	1	12
HST	0	2	1	1	1	5	10
HSU	1	1	0	1	0	0	3
Balangan	7	0	1	0	0	4	13
Tabalong	2	0	0	0	0	2	5
Barito Kuala	5	0	0	0	0	1	6
Tanah Laut	3	0	1	1	1	1	10
Tanah Bumbu	4	0	2	3	3	5	18
Kotabaru	3	0	2	1	1	0	9
Jumlah	40	4	8	16	16	26	115

II.2 Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang dapat diperoleh dengan cara mengukurnya. Biasanya curah hujan diukur menggunakan alat penakar hujan, sehingga kita dapat mengetahui jumlahnya dalam satuan millimeter (mm). Curah hujan dapat diartikan sebagai tinggi air hujan yang diterima di permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, penguapan dan peresapan ke dalam tanah. Sedangkan intensitas curah hujan ialah ukuran jumlah hujan per satuan waktu tertentu selama hujan berlangsung. Intensitas hujan dapat pula diartikan sebagai tinggi hujan per satuan waktu, dapat berupa mm/menit, mm/jam atau mm/hari. Bagi beberapa wilayah yang memiliki tingkat kemiringan topografi atau berada di sekitar area lereng bukit, sangat berpotensi terjadinya bencana bagi wilayah tersebut salah

satunya ialah bencana tanah longsor apabila adanya intensitas curah hujan yang tinggi sehingga akan merugikan masyarakat dan daerah sekitar (Chandra dan Suprpto, 2016).

Curah hujan (mm) dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang jatuh pada kawasan atau wilayah yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) mm ialah air hujan setinggi 1 (satu) mm yang jatuh (tertampung) pada tempat yang datar seluas 1 m² dengan asumsi tidak ada yang menguap, mengalir dan meresap.

Indonesia merupakan wilayah yang berada di kawasan tropik memiliki curah hujan tahunan yang tinggi serta curah hujan akan semakin tinggi di daerah pegunungan. Curah hujan yang tinggi di kawasan tropik pada umumnya disebabkan oleh proses konveksi dan juga pembentukan awan hujan panas. Pada dasarnya, curah hujan itu dapat dihasilkan dari gerakan massa udara lembab ke atas. Agar terjadi gerakan ke atas, atmosfer harus berada dalam kondisi yang tidak stabil. Kondisi yang tidak stabil ini terjadi jika udara yang naik itu lembab dan *lapse rate* udara lingkungannya berada di antara *lapse rate* adiabatik kering dan *lapse rate* adiabatik jenuh. Jadi, kestabilan udara ini sangat ditentukan oleh kondisi kelembaban. Oleh karena itu, jumlah hujan tahunan, intensitas, durasi, frekuensi dan distribusinya terhadap ruang dan waktu pun sangatlah bervariasi. Intensitas curah hujan di wilayah tropis pada umumnya tinggi dikarenakan adanya proses konveksi. Sementara itu di Indonesia, presentase curah hujan yang diterima bervariasi yakni kisaran 8-37 % dengan rata-rata 22 % (Mulyono, 2014).

II.3 Angin

Gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi biasa disebut Angin. Udara ini bergerak dari kawasan bertekanan tinggi ke kawasan bertekanan rendah. Angin terjadi dikarenakan oleh adanya beda tekanan horizontal. Angin permukaan memiliki gaya gesek disebabkan oleh adanya kekasaran di permukaan bumi. Gaya gesek menyebabkan kecepatan angin melemah (Nurhayati dan Aminuddin, 2016).

Angin biasa diartikan sebagai udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari wilayah yang memiliki tekanan tinggi ke wilayah yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu/temperatur rendah ke wilayah bersuhu tinggi (Kartasapoetra, 2004). Angin yang berada pada lapisan 850 milibar atau setara di ketinggian 1,4 km dapat mempengaruhi proses pembentukan awan yang dapat menyebabkan adanya curah hujan di suatu wilayah. Pada lapisan ini pengaruh topografi itu tidak berpengaruh terhadap pergerakan dari arah angin itu (Lakitan 2002).

Angin merupakan besaran vektor yang mempunyai arah dan kecepatan. Kecepatan angin adalah kondisi dimana kecepatan udara yang bergerak secara horizontal yang dipengaruhi oleh adanya gradien barometris letak tempat, tinggi tempat, dan keadaan topografi suatu tempat. Satuan dari kecepatan angin ialah meter per detik, kilometer per jam atau knot. Sedangkan arah angin adalah arah dari mana angin itu berhembus dan dapat dinyatakan dalam derajat arah (*Direction Degree*) yang diukur searah dengan arah jarum jam, mulai dari titik utara Bumi atau secara sederhana sesuai dengan skala sudut pada Kompas (Suwarti dkk., 2017).

II.4 Cuaca Ekstrem

Cuaca ekstrem adalah sebuah kondisi dimana cuaca yang terjadi jika: Jumlah hari hujan yang terukur paling banyak yakni melebihi nilai rata - rata dari normalnya; Intensitas hujan terbesar dalam satu jam selama periode 24 jam atau intensitas hujan dalam satu hari selama periode satu bulan yang terukur melebihi rata-rata; Kecepatan angin yang terukur >45 km/jam serta suhu udara mencapai >35 C atau <15 C; Hujan ekstrem adalah suatu kondisi dimana curah hujan melebihi 100 mm/hari (Mughozali dkk., 2017).

II.4.1 Hujan Lebat

Hujan lebat masih menjadi salah satu kejadian bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Hujan lebat ini biasanya terjadi akibat adanya faktor curah hujan yang tinggi yang berasal dari awan-awan konvektif seperti awan *Cumulonimbus*. Indonesia memiliki kawasan lautan yang lebih besar daripada daratan. Hal inilah menyebabkan potensi pertumbuhan awan-awan konvektif lebih sering terjadi di wilayah Indonesia. Hujan lebat ini tidak hanya terjadi pada musim hujan, tetapi juga dapat terjadi pada musim kemarau. Untuk mengetahui karakteristik awan pada kejadian tersebut, diperlukan sebuah alat indera seperti radar cuaca yang dapat memperhatikan dan menginterpretasikan struktur awan penyebab hujan lebat (Hidayah dkk., 2019).

Tabel 2.2 Kategori Prakiraan Hujan BMKG (Gustari dkk., 2012)

No.	Kategori	Intensitas Curah Hujan	
		Setiap Jam (mm/jam)	Setiap Hari (mm/hari)
1.	Tidak Hujan (Berawan)	-	-
2.	Hujan Ringan	0,1 – 4,9	0,1 – 19,9
3.	Hujan Sedang	5,0 – 9,9	20,0 – 49,9
4.	Hujan Lebat	10,0 – 20,0	50 – 100
5.	Hujan Sangat Lebat	>20,0	>100,0

Lebat atau tidaknya hujan ditunjukkan oleh intensitas hujan. Intensitas hujan yang besar menandakan banyaknya air yang di curahkan dalam waktu singkat, butiran airnya besar, serta akan menyebabkan erosi lebih besar lagi, dikarenakan limpasan permukaan yang besar, sementara resapan air akan terhambat sehingga dapat memicu terjadinya banjir yang disebabkan oleh kapasitas sungai yang tidak mampu mengatur limpasan permukaan. Akibatnya limpasan permukaan menggenangi daerah disekitarnya (Hanafi, 1988 dalam Hadi dkk., 2010).

II.4.2 Angin Kencang

Angin merupakan kondisi dimana gerak udara sejajar dengan permukaan bumi. Angin yang berkecepatan tinggi terjadi diakibatkan oleh adanya perbedaan tekanan yang sangat besar antara 2 lokasi yang berdekatan. Angin tersebut biasanya disebut dengan angin ribut karena kecepatannya dapat menimbulkan sejumlah kerusakan terhadap berbagai media yang dilaluinya. Dalam skala *Beaufort*, yang disebut angin ribut ialah angin yang dimulai skala 6 yaitu angin berkecepatan 10,8-13,8 m/detik. Terjadinya angin ribut juga dapat dipengaruhi pembentukan awan *Cumulunimbus*

dari konveksi maupun orografi massa udara yang tidak stabil atau dari pergerakan massa udara relatif dingin dan massa udara yang relatif panas (Nirkaryanto, 1979 dalam Nurjani dkk., 2013). Keadaan tersebut bisa menyebabkan posisi konvergensi dan divergensi mempunyai perbedaan tekanan udara yang sangat besar pada posisi yang berdekatan sehingga memicu terjadinya angin ribut (Nurjani dkk., 2013).

Tabel 2.3 Skala *Beaufort* (Aji dan Cahyadi, 2015)

Skala Beauford	Deskripsi	Kecepatan Angin (m/s)	Tinggi Gelombang (m)
1	Tenang	<1	0
2	Sedikit Tenang	1 – 5	0-0,2
3	Sedikit Hembusan Angin	6 – 11	0,2-0,5
4	Hembusan Angin Pelan	12 – 19	0,5-1
5	Hembusan Angin Sedang	20 – 29	1-2
6	Hembusan Angin Sejuk	30 – 39	2-3
7	Hembusan Angin Kuat	40 – 50	3-4
8	Mendekati Kencang	51 – 61	4-5,5
9	Kencang	62 – 74	5,5-7,5
10	Kencang Sekali	75 – 87	7,5-10
11	Badai	88 – 101	10-12,5
12	Badai Dahsyat	102 – 117	12,5-16
13	Badai Topan	>118	16<

II.5 Peringatan Dini

Kesiapsiagaan menjadi salah satu bagian dari proses manajemen bencana dan di dalam konsep pengelolaan bencana yang berkembang saat ini, peningkatan kesiapsiagaan adalah salah satu elemen penting dari kegiatan pengurangan risiko bencana yang bersifat pro-aktif, sebelum terjadinya suatu bencana.

Sistem peringatan dini merupakan salah satu elemen penting dari mekanisme kesiapsiagaan masyarakat. Sistem ini dapat menjadi faktor kunci penting yang menghubungkan antara tahap kesiapsiagaan dengan tanggap darurat bencana. Secara teoritis, apabila peringatan dini disampaikan tepat waktu, maka suatu peristiwa yang terjadi dapat menimbulkan dampak negatif yang terjadi.

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

1. Ketepatan peringatan yang disampaikan;
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 pada masyarakat dapat dikembangkan dengan mengacu pada skema peringatan yang ada pada tingkat nasional dimana sumber peringatan resmi berasal dari lembaga yang berwenang untuk mengeluarkan peringatan. Adapun lembaga – lembaga tersebut adalah:

1. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB);
2. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), lembaga yang bertanggungjawab untuk memberikan peringatan dini cuaca, bencana gempabumi dan tsunami;

3. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), lembaga yang bertanggungjawab untuk memberikan peringatan dini adanya bencana letusan gunungapi dan gerakan tanah;
4. Kementerian Pekerjaan Umum, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air, lembaga yang bertanggungjawab untuk memberikan peringatan adanya bencana banjir dan kekeringan;
5. Kementerian Kehutanan, lembaga yang bertanggungjawab untuk memberikan peringatan dini adanya bencana kebakaran hutan.

Masyarakat tentunya sangat berperan penting dalam efektifitas suatu sistem peringatan dini. Peran ini tercermin dari 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). Namun, perlu dipertimbangkan pula bahwa apabila terlalu banyak peringatan dini yang kurang tepat dapat mengakibatkan kejenuhan atas peringatan yang terus menerus, sehingga sistem peringatan itu menjadi tidak efektif lagi (BNPB, 2012).

II.5.1 Peringatan Dini BMKG

Prakiraan cuaca atau peringatan dini yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dihasilkan berdasarkan hasil pengamatan cuaca terakhir, analisis hasil luaran model resolusi rendah, serta dari pengalaman prakirawan dalam menganalisis cuaca. Penggunaan kemampuan analisis dan pengalaman prakirawan dalam memberikan penilaian yang dinilai terbaik dalam proses prediksi cuaca ini mengakibatkan prakiraan yang dihasilkan ini

diklasifikasikan sebagai metode subjektif. 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). Dalam pembuatan prakiraan ini telah memperhatikan 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 diubah menjadi tipe dikotomi (*binary events*), yaitu suatu bentuk prakiraan hujan atau tidak hujan, sedangkan verifikasinya dapat dilakukan dengan cara visual, dikotomi, kontinyu, probabilistik, dan spasial (Gustari dkk., 2012).

II.6 Verifikasi Prediksi

Verifikasi adalah salah satu proses menilai kualitas dari suatu prediksi/peringatan dini/ramalan (*forecast*). Dalam proses ini, suatu hasil prediksi dibandingkan dengan nilai atau hasil pengamatan/observasi. Verifikasi dilakukan untuk mengetahui keserasian antara model dan data. Untuk melihat kesesuaian dari hasil prediksi dan observasi itu sendiri maka dapat dilakukan dengan cara kualitatif, sedangkan untuk menentukan tingkat akurasi model sekaligus kesalahan dalam memprediksi maka dapat dilakukan dengan cara kuantitatif menggunakan seperangkat formulasi matematis. Ada 3 (tiga) alasan utama verifikasi itu dilakukan. Pertama, untuk memantau (monitor) akurasi dari prediksi dan juga melihat apakah prediksi itu semakin lama semakin baik atau malah sebaliknya. Kedua, untuk meningkatkan kualitas prediksi. Hal ini bisa dimulai dengan cara menyelidiki kesalahan apa saja

yang kita lakukan dalam memprediksi. Ketiga, 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 (Halide, 2009). Untuk menguji atau memverifikasi suatu prediksi, pada penelitian ini dilakukan perhitungan nilai akurasi prediksi menggunakan *Peirce Skill Score* (PSS).

II.6.1 *Peirce Skill Score* (PSS)

Peirce Skill Score (PSS) biasanya digunakan dalam mengukur kemampuan prediksi/ramalan (*forecast*) untuk membedakan atau mengklasifikasi antara kejadian dan non-kejadian (WMO, 2014). Dalam penelitian ini, keterampilan dalam verifikasi prediksi cuaca ekstrem ditentukan oleh skor *Peirce*-nya dengan melihat table kontingensi seperti pada **Tabel 2.4**. Dalam tabel 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 dari **Tabel 2.4** dan rumus berikut ini (WMO, 2014 dalam Stephenson, 2000).

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

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.

Keterangan pada rumus sesuai dengan keterangan pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Tabel Kontingensi *Yes/No Forecast* (Halide, 2009)

<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>)

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* (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 (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%.