

Skripsi Geofisika

PREDIKSI PUTING BELIUNG DI KABUPATEN TORAJA UTARA

Oleh:

NIVI OKSTRIFIANI

H 221 08 265



PROGRAM STUDI GEOFISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM


UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

PREDIKSI PUTING BELIUNG DI KABUPATEN TORAJA UTARA

**OLEH
NIVI OKSTRIFIANI
H 221 08 265**



**Diajukan
Untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat memperoleh
Gelar Sarjana pada Program Studi Geofisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

LEMBAR PENGESAHAN

PREDIKSI PUTING BELIUNG DI KABUPATEN TORAJA UTARA

NIVI OKSTRIFIANI

H 221 08 265

Makassar, Februari 2013

Disetujui Oleh :

UNIVERSITAS HASANUDDIN
Pembimbing Utama

Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.Sc
Nip. 1963030151987101001

Pembimbing Pertama

Nur Hasanah, S.Si, M.Si
Nip. 198311222009122001

ABSTRAK

Puting beliung adalah suatu fenomena meteorologis berskala lokal dan terjadi dalam waktu singkat. Meskipun fenomena ini berlangsung secara singkat, namun dampaknya dapat menimbulkan kerusakan dan kerugian yang cukup besar hingga jatuh korban jiwa. Penelitian ini dilakukan untuk memodelkan kondisi-kondisi meteorologis yang dapat menyebabkan kejadian puting beliung. Model yang digunakan untuk maksud ini adalah model analisis diskriminan dengan masukan data iklim lokal yang signifikan yang diamati tiap jam. Data ini berasal dari pengamatan sehari sebelum kejadian dan pada hari terjadi puting beliung. Uji signifikansi dengan taraf kesalahan $\alpha = 0,05$ menemukan bahwa faktor iklim yang berpengaruh adalah suhu udara, kelembaban udara, curah hujan, kecepatan angin, tekanan udara, dan klasifikasi awan rendah. Model ini memiliki akurasi prediksi dengan nilai *Peirce* sebesar $0,68 \pm 0,18$. Tingkat keakuratan model ini yang kurang tinggi mungkin disebabkan oleh karena variabel yang diteliti hanya dibatasi pada faktor iklim saja.

Kata kunci : puting beliung, unsur iklim, analisis diskriminan.

ABSTRACT

Tornado is a local-scale meteorological phenomenon and occurs in a short time. Although this phenomenon is short, but the aftermath impacts might include extensive destruction and huge losses, even the loss of life. This research conducted to model the meteorological conditions that might initiate tornado events. The model used for this purpose is a discriminant analysis model with input of significant local climate data observed every hour. These data comes from the observation the day prior and on the day tornado occurred. A test with significant level $\alpha = 0.05$ found that certain factors such as air temperature, relative humidity, rainfall, wind velocity, air pressure, and low cloud classification have substantial effect in tornado occurrence. This model has prediction accuracy with Peirce score of 0.68 ± 0.18 . Such an accuracy might be as a result to the studied variables were restricted only to climatic factors alone.

Keywords: *tornado, climate elements, discriminant analysis.*

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera

Ucapan syukur dan terima kasih penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas penyertaan-Nya dan kasih-Nya yang begitu besar sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari dalam proses penyusunan skripsi ini ada begitu banyak rintangan, oleh karena itu pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua tercinta, ayahanda **Yan Yohanis Kende** dan Ibunda **Yeni Yola, S.Th.** Terima kasih buat pengorbanan, kasih sayang yang begitu besar, motivasi, bimbingan, dukungan, serta setiap doa yang dipanjatkan untuk ananda. Terima kasih kepada saudariku **Novin Christy Anathsya, S.Kom**, atas segala motivasi, dukungan dan bantuannya.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.Sc** selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.Sc** dan Ibu **Nur Hasanah, S.Si, M.Si**, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak **Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah** dan **staff**, Bapak **Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Provinsi Sulawesi Selatan** dan **staff**, Bapak **Kepala Dinas Sosial Provinsi Sulawesi Selatan** dan **staff**.

4. Bapak **Setyono** selaku kepala Stasiun Meteorologi Pongtiku Tana Toraja yang telah memberi ijin penulis untuk mengambil data penelitian di Stasiun Meteorologi Pongtiku Tana Toraja.
5. Bapak **Dominggus Tangaran, SE** selaku staff Stasiun Meteorologi Pongtiku Tana Toraja yang telah membantu penulis dalam mengumpulkan dan menyusun data penelitian.
6. Bapak **Muh. Altin Massinai, MT. Surv**, Ibu **Dra. Maria, M.Si**, dan Bapak **Sabrianto Aswad, S.Si, MT** selaku penguji seminar yang telah memberi banyak masukan.
7. Seluruh **Staf pengajar** dan **Staf Jurusan Fisika Unhas**.
8. Saudara-saudaraku **IC : Kak Okta, kak Ery, kak Tamy, kak Enos, kak Eki, kak Oshi, kak Agnes, Gali, Malfhy, dan Ani**.
9. **Eko Dwinorman Fabeno** atas kasih sayangnya, dukungan, motivasi, serta kerja samanya selama ini.
10. Saudara-saudaraku **Firdaus Crew : Sharma, Kak Ivan, Kak Obe, kak Kiki, kak Retha, kak Sri, kak Merry, kak Fari, Shela, Echa, Opi, Ketlin, Winda, kak Oshi, kak Lia, Novin, Sheren, Echink, Ivon, kak Ikkong, Eko, kak Eki , kak Ligus, kak Pengki, kak Nathan, kak Erol, Irto**.
11. Saudara-saudaraku **Geophysics 08** dan **Physics 08**.
12. Seluruh warga **FMIPA UNHAS** dan **HIMAFI**.
13. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Tuhan Memberkati.

Makassar, Februari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup	2
I.3 Tujuan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Definisi Puting Beliung.....	3
II.2 Awan Konfektif	5
II.3 Unsur-Unsur Iklim.....	6
II.3.1 Suhu Udara	6
II.3.2 Curah Hujan	6
II.3.3 Kelembaban Udara.....	7
II.3.4 Tekanan Udara	8
II.3.5 Awan <i>Cumulonimbus</i>	8
II.3.6 Angin	9
II.4 Fase Pertumbuhan Awan <i>Cumulonimbus</i>	9

II.4.1 Fase Tumbuh.....	10
II.4.2 Fase Dewasa/Masak.....	10
II.4.3 Fase Puna h.....	11
II.5 Metode Analisis Diskriminan.....	11
II.6 Verifikasi Prediksi.....	15
II.7 Verifikasi Dikhotomi.....	16
 BAB III METODOLOGI	
III.1 Lokasi Penelitian.....	18
III.2 Data Penelitian.....	20
III.2.1 Data Iklim.....	20
III.2.2 Data Kejadian.....	20
III.3 Alat Penelitian.....	20
III.4 Analisis Data.....	20
III.4.1 Analisis Data Dengan SPSS.....	20
III.4.2 Analisis Data Dengan Matlab.....	21
III.4 Bagan Alir Penelitian.....	22
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Hasil.....	23
IV.1.1 Analisis Diskriminan.....	23
IV.1.2 Karakteristik Kejadian Putting Beliung Di Kabupaten Toraja Utara.....	23
IV.1.3 Uji Signifikansi Pengaruh Faktor Iklim Terhadap Kejadian Putting Beliung.....	28

IV.1.4 Klasifikasi Koefisien Fungsi dan Model Analisis	
Diskriminan.....	30
IV.1.5 Titik Tengah (<i>Centroid</i>).....	31
IV.1.6 Verifikasi Prediksi Dikhotomi	32
IV.2 Pembahasan	36
IV.2.1 Karakteristik Kejadian Putting Beliung Di Kabupaten Toraja Utara.....	36
IV.2.2 Analisis Menggunakan Model Diskriminan	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	41
V.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
KARTU KONTROL SEMINAR	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kejadian Putting Beliung.....	4
Gambar 2.2	Fase tumbuh (cumulus stage)	10
Gambar 2.3	Fase Dewasa (mature stage).....	10
Gambar 2.4	Fase Punah (dissipating stage)	11
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian Kabupaten Toraja Utara	19
Gambar 4.1	(a) Grafik rata-rata kondisi suhu tiap jam, (b) Grafik rata-rata kondisi suhu dengan standar deviasi	24
Gambar 4.2	(a) Grafik rata-rata kondisi kelembaban udara tiap jam, (b) Grafik rata-rata kondisi kelembaban udara dengan standar deviasi	25
Gambar 4.3	(a) Grafik rata-rata kondisi curah hujan tiap jam, (b) Grafik rata-rata kondisi curah hujan dengan standar deviasi..	25
Gambar 4.4	(a) Grafik rata-rata kondisi arah angin tiap jam, (b) Grafik rata-rata kondisi kecepatan angin dengan standar Deviasi.....	26
Gambar 4.5	(a) Grafik rata-rata kondisi kecepatan angin tiap jam, (b) Grafik rata-rata kondisi kecepatan angin dengan standar Deviasi.....	26
Gambar 4.6	(a) Grafik rata-rata kondisi tekanan udara tiap jam,	

	(b) Grafik rata-rata kondisi tekanan udara dengan standar deviasi	26
Gambar 4.7	(a) Grafik rata-rata klasifikasi awan tiap jam (b) Grafik rata-rata kondisi klasifikasi awan dengan standar deviasi	27
Gambar 4.8	Grafik Nilai Peirce Hasil Verifikasi Dikhotomi Kejadian Putting Beliung di Kabupaten Toraja Utara	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Dikhotomi untuk Prediksi	16
Tabel 4.1	Nilai Signifikansi Variabel Yang Berpengaruh	28
Tabel 4.2	Tabel Model Analisis Diskriminan	30
Tabel 4.3	Tabel Titik Tengah (<i>Centroid</i>) Kejadian Putting Beliung	31
Tabel 4.4	Tabel Verifikasi Dikhotomi Antara Prediksi Dan Observasi Kejadian Putting Beliung.....	33
Tabel 4.5	Tabel Persentase Kebenaran dan Nilai Peirce Hasil Verifikasi Dikhotomi Kejadian Putting Beliung di Kabupaten Toraja Utara	35

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara maritim yang dipengaruhi oleh angin monsun Australia, *el nino*, osilasi selatan maupun fenomena lokal. Dengan kondisi geografis berupa dataran tinggi, dataran rendah dan laut mengakibatkan kondisi iklim lokal di Indonesia memiliki variasi yang sangat besar.

Salah satu fenomena alam yang sering terjadi di wilayah Indonesia akhir ini adalah puting beliung. Puting beliung yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan yang besar seperti menghancurkan area seluas 5 km, rumah akan hancur dan tanaman akan tumbang diterjang angin puting beliung, makhluk hidup bisa sampai mati karena terlempar atau terbentur benda keras lainnya yang ikut masuk pusaran angin.

Fenomena alam ini relatif terjadi pada perubahan musim (pancaroba). Fenomena ini hanya terjadi di daerah lokal itu saja, tidak menyebar luas karena angin puting beliung hanya berasal dari awan *Cumulunimbus (Cb)*, bukan dari pergerakan angin *monsun* maupun pergerakan angin pada umumnya, sehingga dapat berpindah atau bergeser dari tekanan tinggi ke tekanan rendah dalam skala luas.

Dengan seringnya terjadi bencana puting beliung di daerah Toraja Utara, maka penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian dengan judul “Prediksi Puting Beliung di Kabupaten Toraja Utara”. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat

membantu pemerintah dan masyarakat dalam meminimalisir kerugian yang dapat terjadi akibat bencana puting beliung.

1.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi pada penentuan karakteristik kejadian puting beliung, penentuan faktor-faktor signifikan penentu kejadian puting beliung dan model prediktif kejadian puting beliung di Kabupaten Toraja Utara. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah unsur iklim yaitu suhu udara, curah hujan, kelembapan udara, tekanan udara, klasifikasi awan rendah, arah dan kecepatan angin dengan menggunakan metode analisis diskriminan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menentukan karakteristik kondisi cuaca satu hari sebelum dan pada saat puting beliung.
2. Menentukan faktor-faktor signifikan penentu kejadian puting beliung.
3. Membuat model prediktif kejadian puting beliung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Defenisi Puting Beliung

Puting beliung adalah angin yang berputar dengan kecepatan lebih dari 60 - 90 km/jam yang berlangsung 5 - 10 menit akibat adanya perbedaan tekanan sangat besar dalam area skala sangat lokal yang terjadi di bawah atau di sekitar awan *Cumulonimbus (Cb)* (Sudibyakto, 2008).

Angin puting beliung yang sering kita dengar di Indonesia, di Amerika Serikat dikenal sebagai *Tornado*. Namun, angin puting beliung yang sering terjadi di Indonesia tidak memiliki kekuatan yang merusak sebesar *Tornado*. Dalam skala meteorologi, kejadian angin puting beliung dikategorikan dalam kejadian skala kecil atau skala lokal. Hal ini karena kejadiannya yang mencakup daerah radius kurang dari 5 km, dengan waktu kejadian yang singkat hanya dalam hitungan menit.

Jika dilihat dari pengertian *Tornado* maka angin puting beliung adalah angin badai merusak berbentuk pusaran yang menerobos dari bawah awan jenis *Cumulonimbus (Cb)* ke permukaan tanah, dimana bentuknya dapat berupa corong sempit, silinder panjang atau tali yang memanjang. Angin *Tornado* biasanya memiliki bentangan yang sempit, dengan diameter berkisar 50 m lebih dan kurang dari 1 km, tetapi secara lokal merupakan badai yang paling merusak. Sedangkan angin puting beliung skala bentangannya jauh lebih kecil dari *Tornado*. Awan corong yang khas pada puting beliung tampaknya berasal dari awan

Cumulonimbus (Cb) dari badai guntur induk. Awan corong tersebut terbentuk dari *downburst* yang keluar dari awan *Cumulonimbus (Cb)*, karena perbedaan tekanan antara pusat arus dengan tepi luarnya. Tekanan di pusat arus jauh lebih rendah dibandingkan tepi luarnya. Hal ini menyebabkan udara di permukaan tanah akan mengalir ke dalam pusat arus atau pusaran dan kemudian ke atas. Seketika masuk, udara tersebut akan masuk ke arah pusat menjadi jenuh akibat pendinginan adiabatik. Bila proses ini terjadi dibawah titik pengembunan, maka akan menghasilkan awan gelap berbentuk corong yang bergerak sambil membawa debu dan serpihan.

Biasanya awan corong pada puting beliung membentang kebawah dan mencapai tanah hanya untuk beberapa menit. Selama waktu itu, angin puting beliung bergerak sejauh 1 atau 2 km. Angin puting beliung yang berlangsung lama dan bergerak lebih jauh adalah angin puting beliung yang lebih kuat (Almubarak, 2009).



Gambar 2.1 Kejadian Puting Beliung (wahw33d.blogspot.com/favicon.ico)

II.2 Awan Konvektif

Lautan sebagai penyimpanan panas yang sangat besar yang paling efektif dalam menyimpan keseluruhan dari rentang suhu sampai yang terkecil. Energi yang di pindahkan dari lautan ke atmosfer ketika bagian kecil dari massa udara turun ke permukaan laut, memiliki suhu dan kandungan kelembaban sendiri secara mudah terangkat dan meninggalkan lagi permukaan laut. Sebagai tempat perpindahan energi, temperatur permukaan laut harus lebih tinggi dibandingkan temperatur udara yang datang bersinggungan dengan air dan tekanan uap air disekitar permukaan air melebihi tekanan uap air yang dikandung udara yang turun (Riehl, 1954).

Banyaknya uap air di dalam atmosfer dapat beragam boleh dikatakan dari nol di daerah gersang sampai 4% di daerah tropika. Banyaknya uap air di dalam atmosfer ini berhubungan dengan suhu udara dan tersedianya air pada permukaan bumi .

Atmosfer di atas Indonesia memainkan peranan penting dan unik dalam dinamika atmosfer global. Di wilayah Indonesia dimana 70% adalah perairan, maka jumlah uap air yang dapat diendapkan sangat besar sehingga pembentukan awannya unik dan jumlah curah hujannya berfluktuasi dari bulan ke bulan, dari musim ke musim atau dari tahun ke tahun.

Awan konvektif terjadi pada kondisi atmosfer labil secara vertikal. Awan ini tumbuh akibat pemanasan oleh insolasi yang dapat tumbuh menjadi badai guruh

konvektif atau thermal. Karakteristik badai ini adalah pertumbuhan cepat, daerah lokal, gerakan horizontal lambat, hujan deras, arus udara kebawah kuat, terjadi angin ribut atau puting beliung dan dapat menimbulkan resiko batu es hujan (Tjasyono, 2006).

II.3 Unsur-Unsur Iklim

Dalam penelitian ini, akan dibahas secara singkat beberapa unsur iklim yang dianggap berpengaruh pada saat kejadian puting beliung, yaitu awan *Cumulonimbus* (Cb), suhu udara, curah hujan, kelembaban udara, tekanan udara, arah dan kecepatan angin.

II.3.1 Suhu Udara

Suhu udara dapat didefinisikan sebagai tingkat panas udara. Alat untuk mengukur suhu adalah thermometer. Panas bergerak dari sebuah benda yang mempunyai suhu tinggi ke benda dengan suhu rendah. Suhu udara dapat berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Pada umumnya suhu maksimum terjadi setelah setengah hari, biasanya pukul 12.00 dan pukul 14.00, dan suhu minimum terjadi pada pukul 06.00 waktu lokal atau sekitar matahari terbit. Awan *Cumulonimbus* dapat terbentuk ketika suhu udara di permukaan tinggi dibandingkan di atmosfer (Pratiwi, 2011).

II.3.2 Curah Hujan

Banyaknya curah hujan yang mencapai permukaan bumi atau tanah selama selang waktu tertentu dapat diukur dengan jalan mengukur tinggi air hujan dengan cara

tertentu. Hasil dari pengukurannya dinamakan curah hujan, yaitu tanpa mengingat macam atau bentuknya pada saat mencapai permukaan bumi dan tidak memperhitungkan endapan yang meresap ke dalam tanah, hilang karena penguapan, atau pun mengalir.

Dari bentuk dan sifatnya, hujan ada yang disebut dengan shower atau hujan tiba-tiba. Hujan tersebut ditandai dengan permulaan dan akhir yang mendadak dengan variasi intensitas yang umumnya cepat, dengan titik-titik air atau partikel - partikel yang lebih besar daripada hujan biasa dan jatuhnya dari awan-awan *Cumulus* (Cu) ataupun *Cumulonimbus* (Cb) yang pertumbuhannya bersifat konvektif. Hujan kontinyu yang permulaan dan akhirnya tidak secara mendadak dan tidak tampak terjadi pengurangan perawanan sejak permulaan sampai pada akhirnya aktifitas tersebut. Hujan ini jatuhnya dari awan-awan yang pada umumnya berbentuk merata seperti awan-awan *Stratus* (St), *Altostratus* (As), maupun *Nimbostratus* (Ns).

II.3.3 Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam udara atau atmosfer. Besarnya tergantung dari masuknya uap air ke dalam atmosfer karena adanya penguapan dari air yang ada di lautan, danau, dan sungai, maupun dari air tanah. Disamping itu terjadi pula dari proses transpirasi, yaitu penguapan dari tumbuh - tumbuhan. Sedangkan banyaknya air di dalam udara bergantung kepada banyak faktor, antara lain adalah ketersediaan air, sumber uap, suhu udara, tekanan udara, dan angin (Wirjohamidjojo, S. & Y.S. Swarinoto, 2007).

Uap air dalam atmosfer dapat berubah bentuk menjadi cair atau padat yang akhirnya dapat jatuh ke bumi antara lain sebagai hujan. Kelembaban udara yang cukup besar memberi petunjuk langsung bahwa udara banyak mengandung uap air atau udara dalam keadaan basah (Wirjohamidjojo, 2006).

II.3.4 Tekanan Udara

Perbedaan tekanan udara dapat menyebabkan terjadinya angin, semakin besar perbedaan tekanan udara maka semakin besar pula kecepatan angin berhembus (Hasse dan Dobson, 1986 dalam Farita, 2006). Kuat atau lemahnya hembusan angin ditentukan oleh besarnya kelandaian tekanan udara, atau dengan kata lain kecepatan angin sebanding dengan kelandaian tekanan udaranya. Disamping kelandaian tekanan, gerakan angin ditentukan oleh faktor-faktor lainnya seperti pengaruh rotasi bumi dan gaya gesek (*frictional process*) (Pariwono, 1989).

II.3.5 Awan *Cumulonimbus*

Awan *Cumulonimbus* didefinisikan sebagai awan konvektif yang besar, padat dan tinggi. Awan ini termasuk jenis awan rendah (*low clouds*) tetapi puncak awan ini dapat mencapai ketinggian awan tinggi (*high clouds*) dari dasar sampai puncaknya dapat mencapai tinggi 20 km. Di bawah dasar awan ini umumnya sangat gelap dan sering terdapat awan-awan rendah yang kasar. Kata tambahan “nimbus” menandakan bahwa awan ini merupakan awan pembawa presipitasi berupa hujan, salju, hujan es (*hail*). Selain itu awan *Cumulonimbus* disebut juga awan hujan atau awan Guntur, dengan tetes hujan yang besar (Soepangkat, 1994).

Awan *Cumulonimbus* dapat terbentuk apabila udara panas dan kelembabannya tinggi terangkat ke atas dalam udara yang makin ke atas makin dingin. Selain itu apabila di lapisan atas beda antara suhu dan titik embun besar, udara dapat terangkat dengan kecepatan besar dan menumbuhkan awan *Cumulonimbus* yang besar.

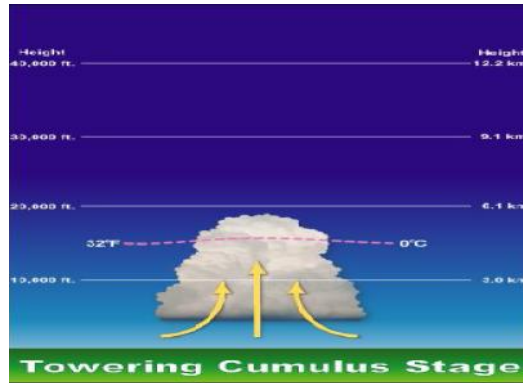
II.3.6 Angin

Angin terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara atau perbedaan suhu udara pada suatu daerah atau wilayah. Hal ini berkaitan dengan besarnya energi panas matahari yang diterima oleh permukaan bumi. Pada suatu wilayah, daerah yang menerima energi panas matahari lebih besar akan mempunyai suhu udara yang lebih panas dan tekanan udara yang cenderung lebih rendah. Perbedaan suhu dan tekanan udara akan terjadi antara daerah yang menerima energi panas, yang berakibat akan terjadi aliran udara pada wilayah tersebut. Hasil yang didapatkan pada pengamatan angin adalah arah dan kecepatan angin (Pratiwi, 2011).

II.4 Fase Pertumbuhan Awan *Cumulonimbus*

Proses terjadinya puting beliung sangat terkait erat dengan fase tumbuh awan *Cumulonimbus (Cb)*.

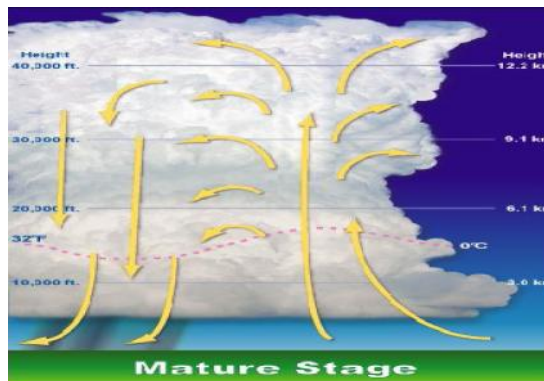
II.4.1 Fase Tumbuh



Gambar 2.2 Fase Tumbuh (*cumulus stage*) (en.wikipedia.org/wiki/thunderstorm)

Dalam awan terjadi arus udara naik ke atas yang kuat. Hujan belum turun, titik-titik air maupun kristal es masih tertahan oleh arus udara yang naik ke atas puncak awan.

II.4.2 Fase Dewasa/Masak

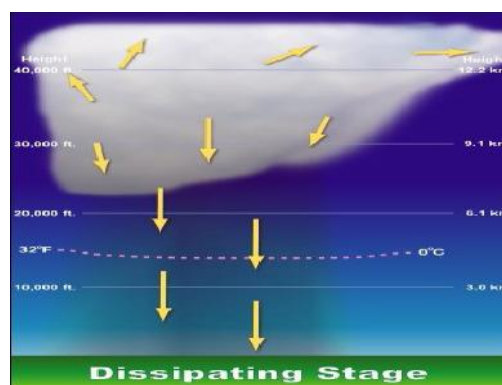


Gambar 2.3 Fase Dewasa (*mature stage*) (en.wikipedia.org/wiki/thunderstorm)

Titik-titik air tidak tertahan lagi oleh udara naik ke puncak awan. Hujan turun menimbulkan gaya gesek antara arus udara naik dan turun. Temperatur massa udara yang turun ini lebih dingin dari udara sekelilingnya. Antara arus udara yang

naik dan turun dapat timbul arus geser yang memuntir, membentuk pusaran. Arus udara ini berputar semakin cepat, mirip sebuah *siklon* yang “menjilat” bumi sebagai angin puting beliung. Terkadang disertai hujan deras yang membentuk pancaran air (*water spout*).

II.4.3 Fase Punah



Gambar 2.4 Fase Punah (*dissipating stage*) (en.wikipedia.org/wiki/thunderstorm)

Tidak ada massa udara naik. Massa udara yang turun meluas di seluruh awan. Kondensasi berhenti. Udara yang turun melemah hingga berakhirilah pertumbuhan awan Cb (Sudibyakto, 2008).

II. 5 Metode Analisis Diskriminan

Analisis diskriminan merupakan salah satu metode statistika yang bertujuan untuk mengkategorikan suatu objek ke dalam dua atau lebih kelompok berdasarkan pada sejumlah variabel bebas. Pengelompokannya bersifat “*mutually exclusive*” dalam artian jika objek A sudah berada dalam kelompok I, maka tidak mungkin menjadi kelompok 2 dan selanjutnya. Oleh karena ada sejumlah *variable independent*, maka akan terdapat satu *variable dependent* (Wilks, 1995).

Model analisis diskriminan adalah sebuah persamaan yang menunjukkan suatu kombinasi linier dari berbagai *variabel independent* yaitu :

$$D = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_k X_k \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

D = Skor diskriminan

b = Koefisien diskriminasi atau bobot

X = Prediktor atau *variabel independent*

Analisis diskriminan untuk khusus 2 grup/kelompok :

Misalnya ada dua kelompok populasi yang bebas. Dari populasi 1 diambil secara acak contoh berukuran n_1 dan mempelajari p buah sifat dari contoh itu, demikian pula ditarik contoh acak berukuran n_2 dari populasi 2 serta mempelajari p buah sifat dari contoh itu. Dengan demikian ukuran contoh secara keseluruhan dari populasi 1 dan populasi 2 adalah $n = n_1 + n_2$ (Anonim, 2011) .

Misalkan p buah sifat dipelajari itu dinyatakan dalam variable acak berdimensi ganda melalui vektor $\bar{X}' = X_1, X_2, \dots, X_p$. Dalam bentuk catatan matriks dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$X^{(1)}_{(p \times n_1)} = (X_{1_1}, X_{1_2}, \dots, \dots, X_{1_{n_1}}) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$X^{(2)}_{(p \times n_2)} = (X_{2_1}, X_{2_2}, \dots, \dots, X_{2_{n_2}}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dari data matriks di atas dapat ditentukan vektor nilai rata-rata contoh dan matriks ragam peragam (*variance-covariance*) berikut :

$$\overline{X_1} = \frac{1}{n_1} \sum_{j=1}^{n_1} X_{1j} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$S_1 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{j=1}^{n_1} (X_{1j} - \overline{X_1})(X_{1j} - \overline{X_1})' \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\overline{X_2} = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} X_{2j} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$S_2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (X_{2j} - \overline{X_2})(X_{2j} - \overline{X_2})' \dots\dots\dots (2.7)$$

Karena diasumsikan bahwa populasi induk memiliki peragam yang sama yaitu σ^2 , maka matriks peragam contoh S_1 dan S_2 dapat digabung untuk memperoleh matriks gabungan sebagai penduga bagi σ^2 melalui rata-rata terbobot berikut :

$$S_G = \frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{(n_1 + n_2 - 2)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Pengujian perbedaan vektor nilai rata-rata di antara dua populasi dilakukan dengan jalan merumuskan hipotesis berikut :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$; artinya vektor nilai rata-rata dari populasi 1 sama dengan dari populasi 2.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$; artinya kedua vektor nilai rata-rata berbeda.

Pengujian terhadap hipotesis dilakukan menggunakan uji statistic T^2 – Hotelling yang dirumuskan sebagai berikut :

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\overline{X_1} - \overline{X_2})' S_G^{-1} (\overline{X_1} - \overline{X_2}) \dots\dots\dots (2.9)$$

Selanjutnya besaran :

$$F = \frac{n_1 + n_2 - p - 1}{(n_1 + n_2 - 2)p} T^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

Akan berdistribusi F dengan derajat bebas $V_1 = p$ dan $V_2 = n_1 + n_2 - p - 1$

Kriteria uji :

Terima $H_0 : \mu_1 = \mu_2$; jika $T^2 \leq \frac{(n_1+n_2-2)p}{n_1+n_2-p-1} F_{\alpha;V_1,V_2}$ selain itu tolak H_0

Alternatif lain kriteria uji :

Terima $H_0 : \mu_1 = \mu_2$; jika $F \leq F_{\alpha;V_1,V_2}$

Tolak H_0 ; jika $F > F_{\alpha;V_1,V_2}$

Jika hasil hipotesisnya menolak H_0 , maka nilai vektor rata-rata dari kedua populasi tersebut berbeda, dengan demikian kita dapat membangun fungsi diskriminan untuk mengkaji perbedaan sifat-sifat yang ada di antara kedua populasi yang dipelajari. Jika sebaliknya, maka fungsi diskriminan tidak layak dibangun karena tidak ada perbedaan sifat-sifat diantara kedua populasi yang kita uji.

Untuk mengetahui perbedaannya kita menggunakan fungsi diskriminan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = a'X = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)'S_G^{-1} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

a = Vektor koefisien pembobot fungsi diskriminan

X = Vektor variabel acak yang diidentifikasi dalam model fungsi diskriminan

\bar{X}_1 = Vektor rata-rata variable acak dari kelompok pertama

\bar{X}_2 = Vektor rata-rata variable acak dari kelompok kedua

S_G^{-1} = Invers matriks gabungan

Dari persamaan diatas kita dapat melakukan penggolongan objek atau individu apakah objek atau individu tersebut masuk ke populasi 1 atau populasi 2. Untuk

penggolongan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan titik tengah (m) diantara dua rata-rata control yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$m = \frac{1}{2}(\bar{y}_1 + \bar{y}_2) = \frac{1}{2}(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)'S_G^{-1}(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) \dots\dots\dots (2.12)$$

Aturan penggolongan:

1. Jika $y_0 > m$ atau $y_0 - m > 0$ maka alokasikan individu (objek) ke dalam populasi 1.
2. Jika $y_0 \leq m$ atau $y_0 - m \leq 0$ maka alokasikan individu (objek) ke dalam populasi 2.

Keterangan:

y_0 = skor diskriminan dari individu (objek) tersebut

II.6 Verifikasi Prediksi

Verifikasi adalah proses menilai kualitas suatu prediksi (*forecast*). Dalam proses ini, suatu hasil prediksi dibandingkan dengan nilai pengamatan/observasi. Sebelumnya, perlu dilakukan secara kualitatif dengan menampilkan gambar-gambar hasil prediksi dengan nilai observasi (data). Pengertian kualitatif di sini adalah untuk melihat kesesuaian (*visual-“eyeball”*) antara hasil prediksi dan observasi. Kita juga dapat membandingkan hasil prediksi secara kuantitatif dengan menentukan akurasi model sekaligus kesalahannya dalam memprediksi dengan menggunakan seperangkat formulasi matematik.

II.7 Verifikasi Prediksi Dikhotomi

Prediksi dikhotomi ditandai dengan pertanyaan yang hanya menyisakan satu jawaban saja yakni : “ Ya ” atau “ Tidak ”. Pertanyaannya misalnya : “ Apakah hari ini akan hujan atau tidak ?”. Untuk kejadian verifikasi prediksi kategoris ini menumbuhkan suatu tabel yang disebut “ *Contingency Table* ” seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1. Tabel ini mengandung komponen observasi dan prediksi suatu fenomena atau kejadian dengan kategori masing-masing.

Tabel 2.1 Dikhotomi untuk Prediksi

Kejadian / peristiwa terprediksi	Kejadian / peristiwa teramati	
	Ya	Tidak
Ya	a (kena/ <i>hit</i>)	b (peringatan palsu/ <i>false alarm</i>)
Tidak	c (gagal/ <i>miss</i>)	d (penolakan benar/ <i>correct rejection</i>)

Keterangan :

a = jumlah kejadian yang terprediksi dan teramati

b = jumlah kejadian yang terprediksi tak teramati

c = jumlah kejadian yang tidak terprediksi namun kejadiannya ternyata muncul

d = jumlah kejadian yang tidak terprediksi dan juga teramati

Pada penelitian ini yang akan diketahui nilai *peirce skill*-nya dengan formulasi sebagai berikut :

$$\text{Nilai PSS} = \frac{(ad-bc)}{(a+c)} (b + d) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\text{Nilai EPSS} = \left[\frac{(n^2 - 4(a+c)(b+d)PSS^2)}{4n(a+c)(b+d)} \right]^{1/2} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

PSS = *Peirce Skill Score*

EPSS = *Error Peirce Skill Score* (PSS berkesalahan)

n = a+b+c+d

Pada penelitian ini juga dihitung presentase kebenaran dengan menggunakan

persamaan $PK = \frac{(a+d)}{n} \times 100\% \dots \dots \dots (2.13)$