

POTENSI KEJADIAN BADAI GUNTUR BERDASARKAN PARAMETER KELEMBAPAN, LABILITAS UDARA, DAN MEKANISME PENGANGKATAN (STUDI KASUS: DI BANDAR UDARA FRANS KAISIEPO BIAK)

Dian Mayangwulan^{*)}, Joko Wiratmo^{)}, dan Plato Martuani Siregar^{**)}**

^{*)}Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Stasiun Meteorologi Biak

^{)}Prodi Meteorologi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan (FITB), ITB**

e-mail: d_mayangwulan@yahoo.com

Diterima 25 Februari 2011; Disetujui 11 Mei 2011

ABSTRACT

Thunderstorms is a weather condition that is harmful to the flight activities. The potential thunderstorms (especially thermal thunderstorms) assesment for Indonesia in particular Biak area needs to be done to reduce the risk of bad thunderstorms to flight activity at airports Frans Kaisiepo Biak. The thunderstorms is affected by the existence of water vapor in the atmosphere.

The content of water vapor in the atmosphere can be estimated from the value of precipitable water, while atmospheric instability conditions can be identified from the Convective Available Potential Energy (CAPE), assuming an air parcel at the surface is heated until it reaches the temperature of the convective (TC) so that air parcels can be lifted up to convective condensation level (CCL) and it condensate.

Logistic regression is one of mathematical models approach that can be used to describe the relationship between the independent variables with response variables that are bound dikotomik (event and non-event). By using observation data of surface and upper air in 2006-2009 analysis of air instability and its relation to the probability of thunderstorm occurrence is carried out.

Results show that precipitable water between surface and 300 hPa height has correlation and directly proportional to the probability of thunderstorm occurrence, and convective temperature (TC) has correlation and inversely proportional to the probability of thunderstorm occurrence. While CAPE at CCL to 300 hPa height has not correlation to the probability occurrence of thunderstorms. Thunderstorm probability model has 58.8% of accuracy.

Keywords: Thunderstorms, Precipitable water, Convective temperature, CAPE, Logistic regression

ABSTRAK

Badai guntur (*thunderstorms*) merupakan fenomena cuaca yang berbahaya bagi aktifitas penerbangan. Kajian mengenai potensi badai guntur (khususnya badai guntur termal) untuk wilayah Indonesia khususnya wilayah Biak perlu dilakukan untuk mengurangi resiko buruk badai guntur terhadap aktifitas penerbangan di Bandar Udara Frans Kaisiepo Biak.

Kejadian badai guntur dipengaruhi oleh keberadaan uap air di atmosfer. Kandungan uap air di atmosfer dapat diperkirakan dari nilai *precipitable water*. Pertumbuhan awan badai juga sangat erat kaitannya dengan kondisi labilitas atmosfer yang dapat diamati melalui nilai *Convective Available Potential Energy* (CAPE) dengan asumsi bahwa suatu paket udara di permukaan dipanaskan hingga mencapai Suhu Konvektif (TC) sehingga paket udara tersebut dapat terangkat hingga paras kondensasi konvektif (CCL) dan paket udara mengalami kondensasi.

Regresi logistik merupakan salah satu pendekatan model matematik yang dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan antara variabel-variabel bebas dengan variabel respon terikat yang bersifat dikotomik (*event* dan *non-event*). Dengan menggunakan data pengamatan permukaan dan pengamatan udara atas tahun 2006-2009 dilakukan analisis hubungan variabel labilitas udara dan peluang kejadian badai guntur.

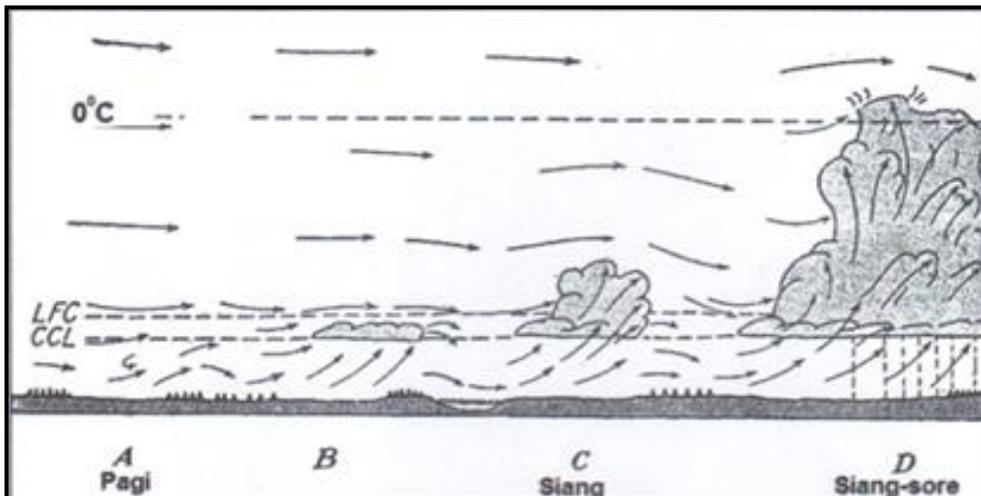
Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa variabel *precipitable water* antara permukaan Bumi dan ketinggian 300 hPa (*precipitable water_{perm.}^{300 hPa}*) mempunyai korelasi dan berbanding lurus dengan peluang kejadian badai guntur, sedangkan Suhu Konvektif (TC) mempunyai korelasi dan berbanding terbalik dengan peluang kejadian badai guntur. Sedangkan variabel CAPE antara ketinggian CCL dan 300 hPa (*CAPE_{CCL}^{300 hPa}*) tidak mempunyai korelasi terhadap peluang kejadian badai guntur. Model peluang badai guntur memiliki nilai akurasi 58,8%.

Kata Kunci: *Badai guntur, Precipitable water, Suhu Konvektif, CAPE, Regresi logistik*

1 PENDAHULUAN

Badai guntur (*thunderstorms*) merupakan kondisi cuaca yang berbahaya bagi aktivitas penerbangan di bandar udara. Pembentukan badai guntur biasanya disertai dengan turbulensi, petir, pembentukan es, pengurangan jarak pandang, angin kencang dan hujan lebat. Risiko buruk badai guntur terhadap aktivitas penerbangan dapat dikurangi

jika kita dapat memprediksi potensi terjadinya badai guntur, sehingga perlu adanya teknik prediksi potensi terjadinya badai guntur. Sebagian besar petugas prakirawan (*forecaster*) menggunakan diagram termodinamik (*Skew T Log P*) untuk mengidentifikasi kondisi atmosfer (*Annonimous*, 1990) seperti indeks kestabilan/labilitas udara. Beberapa indeks labilitas atmosfer disusun berdasarkan data lokal untuk membantu petugas prakirawan menghasilkan prediksi potensi terjadinya badai guntur ataupun potensi terjadinya tornado dengan cepat (*Showalter*, 1953). Seperti misalnya indeks *showalter*. Bila indeks ini bernilai negatif besar maka kemungkinan terjadinya badai guntur dan tornado relatif besar. Peluang terjadinya badai guruh dapat diperkirakan dengan metode statistik. Menurut *Applequist et al.* (2002) metode statistik regresi yang sering digunakan untuk prediksi probabilitas atau peluang adalah menggunakan metode regresi logistik. Pembentukan badai guntur termal memerlukan kondisi massa udara yang hangat, lembap, labil bersyarat dan pemanasan Matahari kuat yang diperlukan untuk proses konveksi. Karena pemanasan Matahari diperlukan untuk proses konveksi pada tipe badai guntur termal, maka frekuensi maksimum kejadian badai guntur akan bertepatan dengan periode maksimum pemanasan permukaan (*Mudge*, 1945).



Gambar 1-1:Proses pembentukan badai guntur termal (*Mudge*, 1945)

Kajian mengenai potensi badai guntur (khususnya badai guntur tipe termal) untuk wilayah Indonesia khususnya wilayah Biak perlu dilakukan untuk mengurangi risiko buruk badai guntur terhadap aktivitas penerbangan di bandar udara Frans Kaisiepo Biak.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kelembapan udara dan kondisi labilitas atmosfer terhadap pembentukan badai guntur termal serta memprediksi peluang terjadinya badai guntur termal berdasarkan analisis data udara atas di Bandar Udara Frans Kaisiepo Biak.

2 METODOLOGI

Data yang digunakan dalam studi ini adalah sampel data observasi permukaan dan observasi udara atas selama empat tahun dari bulan Januari 2006 hingga Desember 2009. Data observasi permukaan Stasiun Meteorologi Biak (97560) dilaporkan tiap tiga jam yaitu pada jam 00.00, 03.00, 06.00, 09.00, 12.00, 15.00, 18.00 dan 21.00 UTC (*Universal Time Coordinate*). Dari data ini diambil laporan pengamatan cuaca (*present weather* dan *past weather* disertai suhu udara permukaan sebagai data pendukung) tiap tiga jam oleh pengamat cuaca (*observer*). Alwin *et al.* (2003) menggunakan data ini dalam penelitiannya mengenai *forecast skill* kejadian badai guntur dari analisis data radiosonde. Data radiosonde diperoleh dari laporan sandi TTAA yang merupakan data observasi udara atas pagi hari (00.00 UTC atau 09.00 LT atau WIT). Dari data ini diambil data suhu dan suhu titik embun pada tiap lapisan atmosfer, selanjutnya data ini digunakan untuk menghitung parameter-parameter stabilitas atmosfer. Sampel data harian diambil dari sandi pengamatan permukaan dan disesuaikan dengan ketersediaan data radiosonde pada hari tersebut. Data pengamatan tersebut diasumsikan dapat merepresentasikan kondisi atmosfer sebelum pembentukan awan konvektif yang dapat berkembang menjadi badai guntur termal untuk jangka waktu 9 jam (hingga pemanasan maksimum pada siang menjelang sore hari). Kandungan uap air di atmosfer dapat diperkirakan dari nilai *precipitable water*, sedangkan kondisi instabilitas atmosfer diamati dari nilai *Convective Available Potential Energy (CAPE)* dengan asumsi suatu paket udara di permukaan dipanaskan hingga mencapai suhu konvektif (*TC*) sehingga paket udara tersebut dapat terangkat hingga paras kondensasi konvektif (*CCL*) dan paket udara mengalami kondensasi (Mudge, 1945). Potensi terjadinya badai guntur dihitung menggunakan metode regresi logistik yang menghasilkan nilai peluang terjadinya badai guntur. Peubah kelembapan untuk satu kolom udara dinyatakan sebagai *precipitable water (pw)*, dimana *pw* merupakan total massa uap air pada suatu kolom udara dari p_0 hingga p . Secara matematis *pw* dapat dinyatakan (Curry dan Webster, 2005):

$$Pw = \frac{1}{g} \int_{p_0}^p q dp \quad (2-1)$$

Keterangan:

q = kelembapan spesifik

g = konstanta gravitasi = $9,8 \text{ ms}^{-2}$

p_0, p = tekanan di permukaan, tekanan pada ketinggian tertentu

Precipitable water dinyatakan dalam satuan kilogram per meter², namun sering dinyatakan sebagai kedalaman air untuk kolom udara dengan satuan *millimeter (mm)*.

Convective Available Potential Energy (CAPE) merupakan total energi dari gaya apung (*buoyancy*) pada kolom udara yang tersedia untuk mengangkat paket udara. *CAPE* dinyatakan sebagai integrasi selisih positif antara suhu virtual paket udara (T_{vp}) dengan suhu virtual lingkungan (T_{vl}) dikali konstanta udara kering (R_d) antara dua level ketinggian (Riemann *et al.*, 2009):

$$CAPE = R_d \int_{LNB}^{CCL} (T_{vp} - T_{vl}) d \ln(p) \quad (2-2)$$

Keterangan:

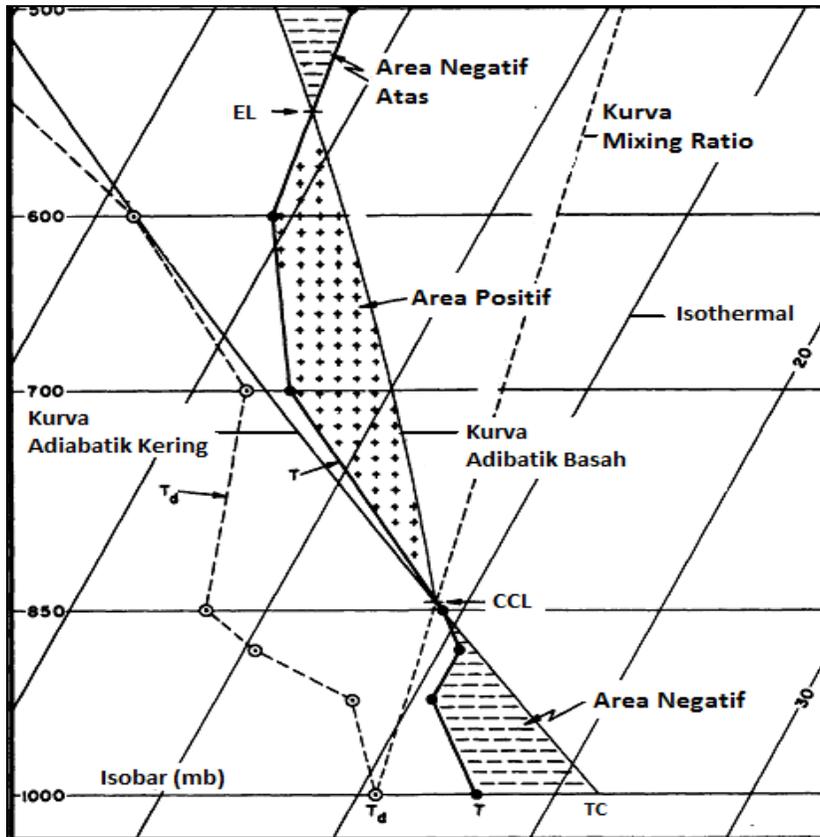
CCL= adalah level kondensasi konveksi dan

LNB= adalah level apungan netral

CAPE digambarkan sebagai area energi positif dalam diagram termodinamik (*Skew T log P*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2-1.

Perhitungan nilai *precipitable water*, *TC* dan *CAPE* menggunakan fungsi dalam perangkat lunak *GrADS* yang ditulis oleh Bob Hart (1999).

Regresi logistik merupakan salah satu pendekatan model matematik yang dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan antara variabel-variabel bebas dengan variabel respons terikat yang bersifat dikotomik. Dalam studi ini variabel respons adalah kejadian badai guntur (*TS event*) yang dinyatakan dengan nilai satu (1) jika terjadi badai guntur, dan diberi nilai nol (0) jika tidak terjadi badai guntur.



Gambar 2-1: Diagram termodinamik (*Skew T log P*). Proses pengangkatan paket udara dipermukaan karena pemanasan (Annonymous,1990)

Model regresi logistik dengan k buah variabel bebas dapat dituliskan sebagai:

$$p(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k)} \quad (2-3)$$

Metode intuitif untuk merangkum hasil model regresi logistik menggunakan tabel klasifikasi seperti terlihat pada Tabel 2-1. Tabel ini adalah hasil klasifikasi-silang variabel hasil, y , dengan nilai-nilai variabel dikotomis yang berasal dari probabilitas logistik. Untuk mendapatkan variabel dikotomis, kita harus menentukan *cut-point*, c , dan membandingkan setiap probabilitas yang diperkirakan terhadap *cut-point*. Jika nilai estimasi probabilitas lebih dari atau sama dengan *cut-point* maka probabilitas dinyatakan 1 (*event*), jika nilai estimasi probabilitas kurang dari *cut-point* maka probabilitas dinyatakan 0 (*non-event*) (Hosmer et al., 2000).

Setelah diperoleh hasil dalam bentuk tabel klasifikasi maka dapat dihitung nilai sensitifitas model regresi yaitu perbandingan ketepatan prediksi kejadian ($event = 1$) terhadap total kejadian yang teramati. Selain itu dapat diperoleh pula nilai sensitifitas model regresi yaitu perbandingan ketepatan prediksi tidak terjadi ($event = 0$) terhadap total observasi tidak terjadi ($event = 0$). Secara keseluruhan kemampuan model regresi dapat dilihat dari nilai akurasi yaitu perbandingan prediksi yang benar terhadap total observasi.

Estimasi nilai *cut-point* probabilitas dilakukan dengan menggunakan metode diagram *ROC* (*Receiver Operating Characteristic*) (Wilks, 2006). Diagram *ROC* merupakan plot dari fungsi sensitifitas (sumbu y) terhadap 1-spesifisitas (sumbu x) untuk setiap nilai *cut-point*. Luas area di bawah kurva *ROC* berada di antara nol hingga satu, dan menunjukkan kemampuan model untuk mendeskripsikan *event* (1) dan *non-event* (0).

Tabel 2-1: TABEL KLASIFIKASI KEJADIAN BADAI GUNTUR

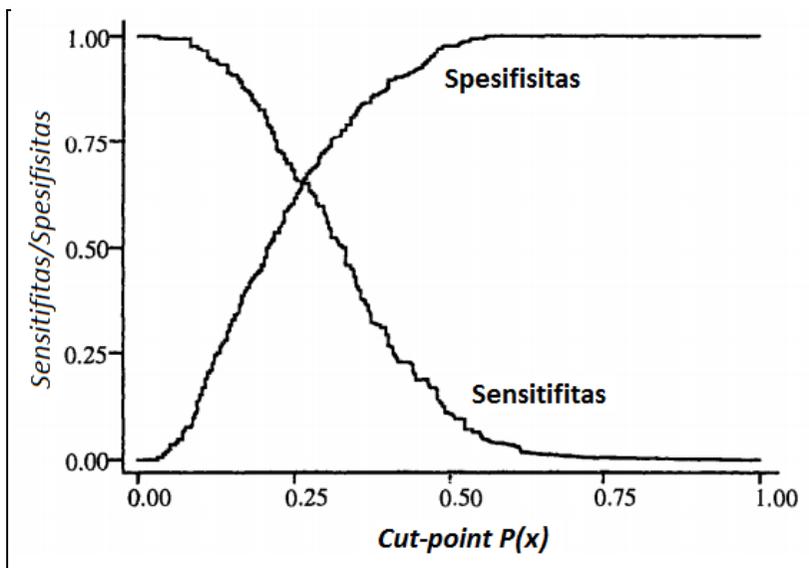
Klasifikasi	Observasi		Total
	TS event(1)	TS event (0)	
TS event (1)	a	c	a+c
TS event (0)	b	d	b+d
Total	a+b	c+d	a+b+c+d

a,b,c,d = frekuensi kejadian

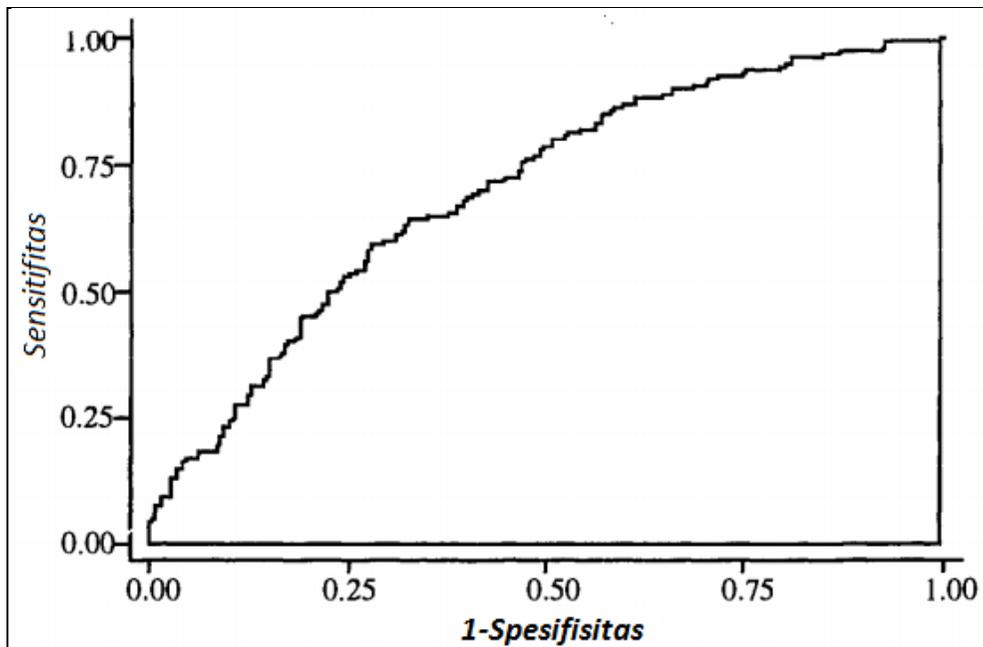
Sensitifitas $a/a+b$

Spesifisitas $d/c+d$

Akurasi $(a+d)/(a+b+c+d)$



Gambar 2-2: Grafik kurva sensitifitas dan spesifisitas untuk tiap nilai *cut-point* (Hosmer et al., 2000)



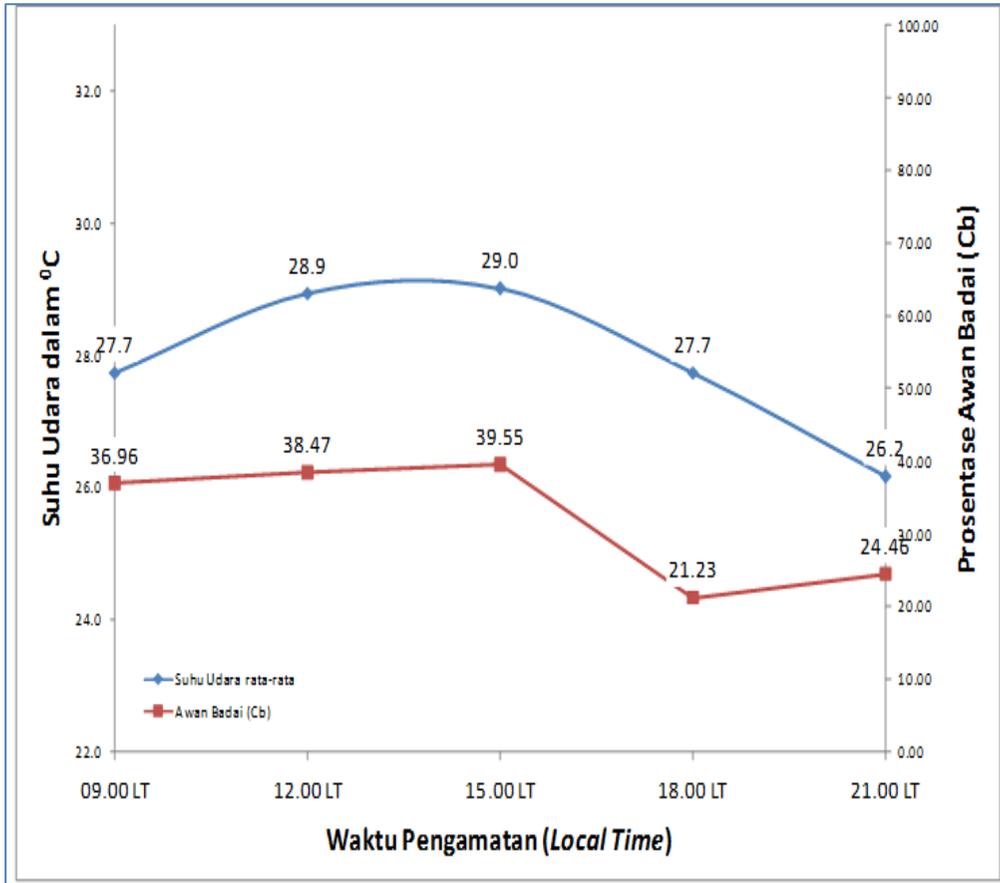
Gambar 2-3: Diagram ROC dari Tabel 2-1 (Hosmer *et al.*, 2000)

Setelah diperoleh nilai *cut-point* optimum selanjutnya dilakukan verifikasi menggunakan tabel klasifikasi (Tabel 2.1) untuk menentukan akurasi, sensitifitas dan spesifisitas. Selanjutnya verifikasi model regresi logistik dilakukan terhadap sampel data bebas (data 2009).

3 HASIL DAN ANALISIS

3.1 Distribusi Frekuensi Kejadian Badai Guntur Harian

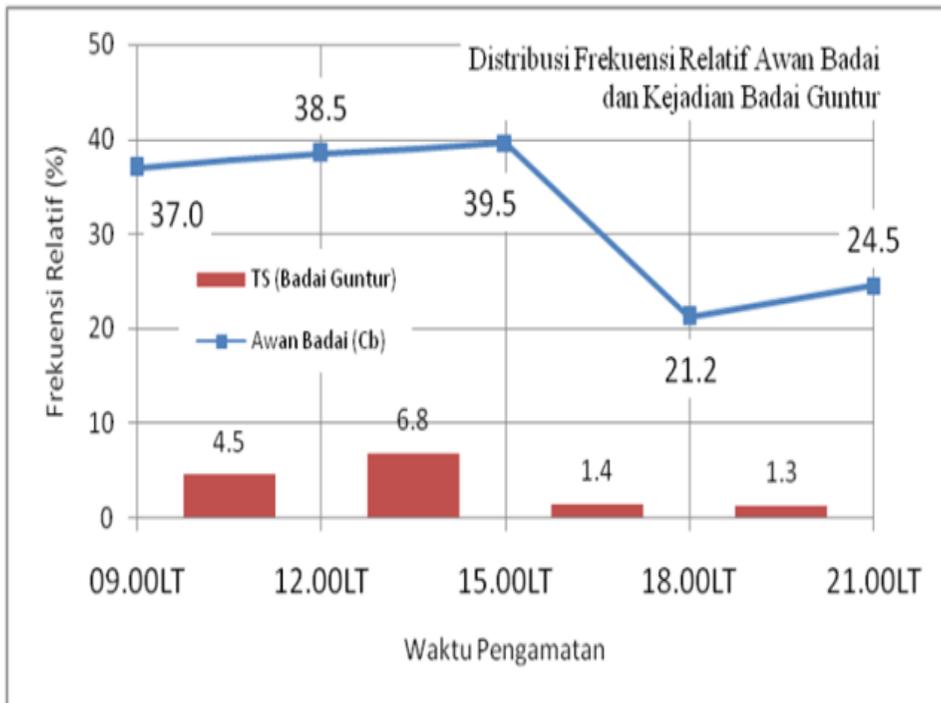
Hasil pengolahan data pengamatan permukaan dan udara atas di Stasiun Meteorologi Biak pada periode 2006-2009 menghasilkan sampel sebanyak 913 hari. Mudge (1945) menyatakan indikasi potensi badai guntur *termal* dapat dilihat dari variasi harian temperatur udara dan variasi harian frekuensi kejadian badai guntur. Gambar 3-1 menunjukkan suhu udara permukaan pada 09.00 LT (*Local Time*) rata-rata sekitar 27,7°C dan mengalami peningkatan temperatur udara permukaan (1,3°C selama enam jam) hingga pukul 15.00 LT sekitar 29,0°C. Periode temperatur udara mencapai maksimum pada 12.00 LT - 15.00 LT. Hal ini bersesuaian dengan frekuensi awan badai (awan *Cumulonimbus*) mulai dari pukul 09.00 LT (37,0%) dan mengalami peningkatan hingga pukul 15.00 LT sekitar 39,5% yang merupakan frekuensi maksimum untuk periode pagi hingga malam hari.



Gambar 3-1: Grafik rata-rata temperatur udara permukaan dengan frekuensi relatif awan badai (Cb) pada pagi (09.00 LT) hingga malam hari (21.00 LT) menunjukkan pola yang bersesuaian

Selanjutnya suhu udara permukaan mengalami penurunan 1,3°C selama tiga jam hingga pukul 18.00 LT (sekitar 27,7°C). Hal ini bersesuaian dengan penurunan frekuensi awan badai sekitar 18,3% (21,2% pada 18.00 LT). Selanjutnya temperatur udara permukaan mengalami penurunan 1,5°C hingga pukul 21.00 LT (26,2°C pada 21.00 LT). Hal ini tidak bersesuaian dengan frekuensi awan Cb yang mengalami peningkatan 3,3% pada periode yang sama (24,5% pada 21.00 LT).

Pola grafik pada Gambar 3-1 mengindikasikan proses konvektif yang menghasilkan awan badai pada periode pagi hingga menjelang malam hari (18.00 LT) yang bersesuaian dengan pemanasan ataupun pendinginan udara di permukaan.



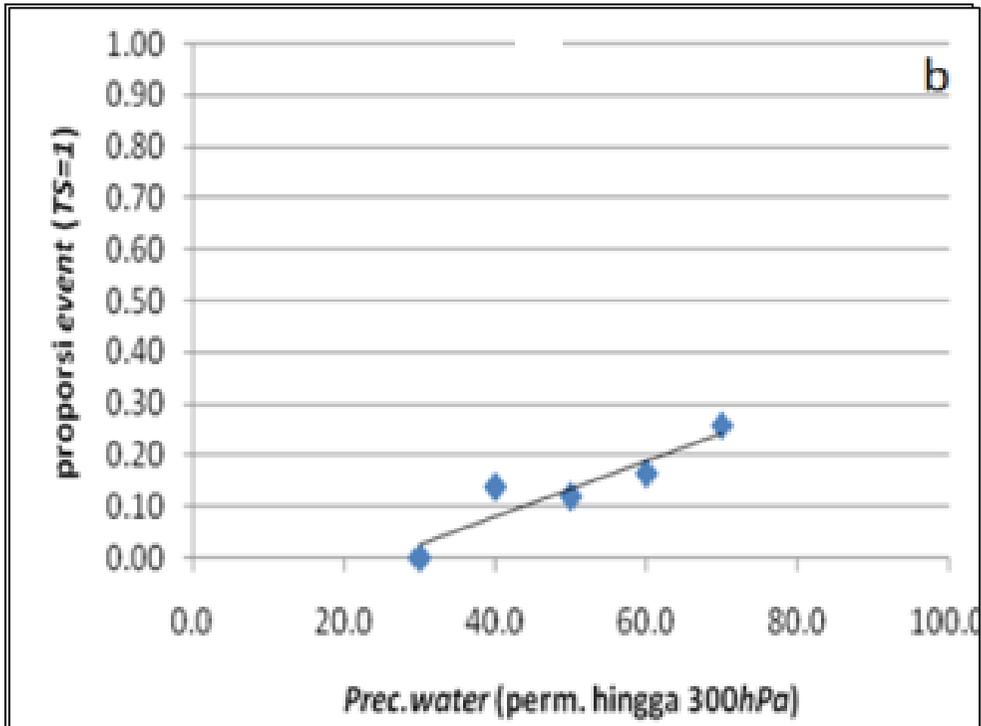
Gambar 3-2: Grafik frekuensi relatif awan badai (Cb) pada pagi (09.00 LT) hingga malam hari (21.00 LT) menunjukkan pola yang bersesuaian dengan frekuensi relatif badai guntur pada rentang waktu pengamatan

Gambar 3-2 menunjukkan pola frekuensi relatif kejadian badai guntur bersesuaian dengan frekuensi relatif awan badai (Cb) waktu pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua awan badai yang terbentuk berkembang menjadi badai guntur. Sebagian besar awan badai yang telah terbentuk mengalami tahap punah (*dissipating stage*) sebelum berkembang menjadi badai guntur. Secara umum pemanasan ataupun pendinginan udara di permukaan bersesuaian dengan proses konvektif yang menghasilkan awan badai (Cb) dan selanjutnya dapat berpotensi menjadi badai guntur termal.

3.2 Distribusi *Precipitable Water*

Nilai *precipitable water* maupun *CAPE* dihitung dengan batas atas pada lapisan 300 hPa. Hal ini dikarenakan pengamatan udara atas cukup lengkap hingga lapisan 300 hPa sedangkan untuk lapisan di atasnya (≤ 250 hPa), sebagian besar pengamatan tidak mencapai lapisan tersebut. Dari sampel data pada rentang waktu 2006-2008 yang digunakan untuk membentuk persamaan, diperoleh 643 sampel data sedangkan sampel 2009 sebanyak 270 sampel data digunakan untuk verifikasi.

Nilai *precipitable water* dihitung dengan batas atas 300 hPa untuk melihat hubungan ketersediaan uap air terhadap kejadian badai guntur. Untuk mendeskripsikan hubungan $precipitable\ water_{perm.}^{300\ hPa}$ terhadap kejadian badai guntur dibuat kelas interval $precipitable\ water_{perm.}^{300\ hPa}$ dan dihitung proporsi kejadian badai guntur pada setiap kelas interval (Hosmer, 2000).

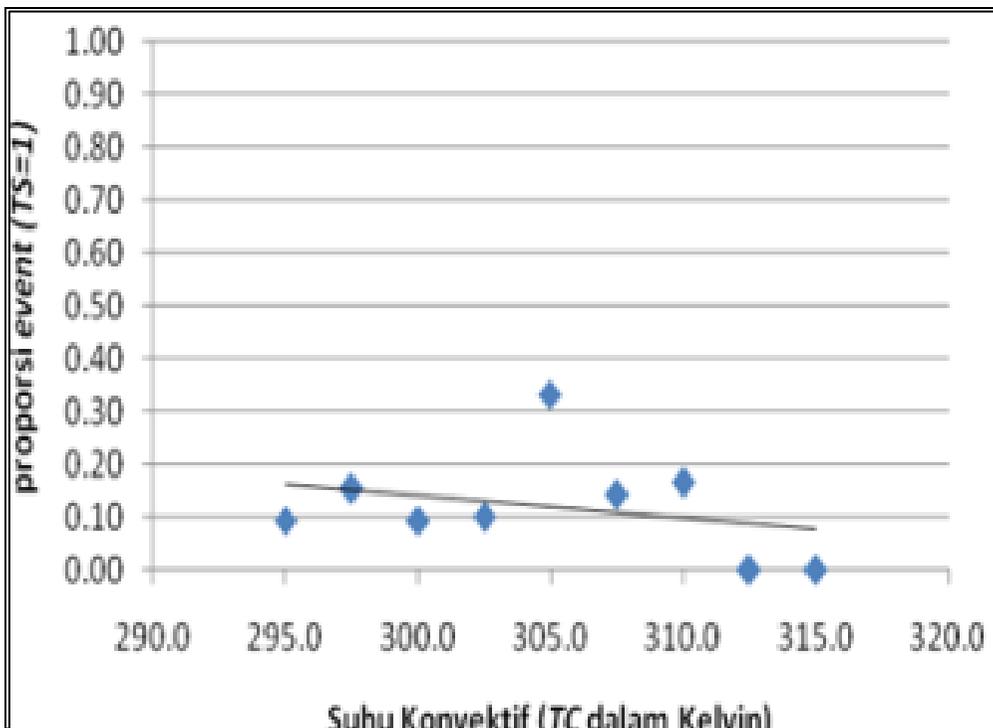


Gambar 3-3: Diagram pencar proporsi badai guntur pada setiap interval *precipitable water* (mm)

Hasil perhitungan $precipitable\ water_{perm.}^{300\ hPa}$ menunjukkan nilai maksimum sebesar 93,4 mm, nilai minimum 34,6 mm dan nilai rata-rata 54,8 mm. Proporsi kejadian badai guntur cenderung berbanding lurus dengan nilai *precipitable water*. Hal ini menunjukkan kejadian badai guntur cenderung dipengaruhi ketersediaan uap air di atmosfer hingga lapisan tinggi (sekitar 300 hPa) (Gambar 3-3).

3.3 Distribusi Suhu Konvektif

Distribusi frekuensi relatif dari suhu konvektif terhadap kejadian badai guntur (Gambar 3-4) menunjukkan pola peningkatan suhu konvektif cenderung menurunkan proporsi kejadian badai guntur.

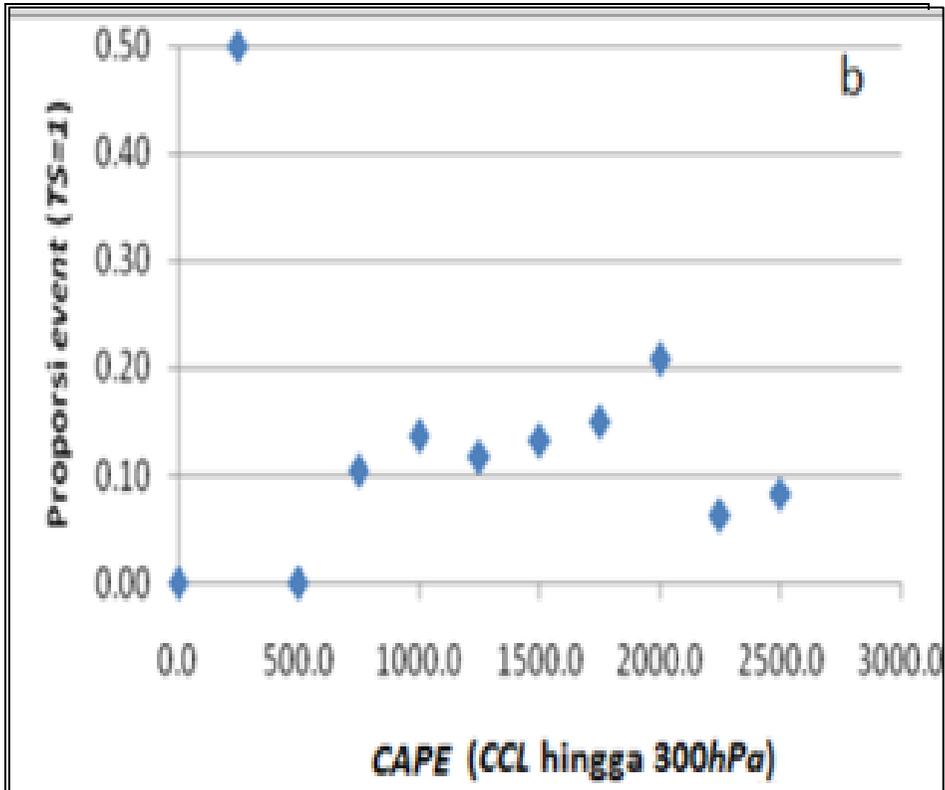


Gambar 3-4: Diagram pencar proporsi kejadian badai guntur pada setiap interval suhu konvektif (dalam Kelvin)

Semakin tinggi suhu konvektif maka pemanasan permukaan yang dibutuhkan harus semakin kuat agar paket udara di permukaan dapat terangkat dan terjadi proses kondensasi serta pembentukan awan konvektif.

3.4 Distribusi CAPE

Gambar 3-5 mengindikasikan proporsi kejadian badai guntur cenderung tidak dipengaruhi oleh nilai $CAPE_{CCL}^{300 hPa}$. Proporsi kejadian badai guntur cenderung konstan sekitar 0,7 untuk setiap kelas interval. Hal ini dapat disebabkan karena perhitungan $CAPE_{CCL}^{300 hPa}$ menggunakan metode parsek tersekat sehingga mengabaikan efek pencampuran (*entrainment*) terhadap lingkungan selama paket udara mengalami pengangkatan. Selain itu perhitungan $CAPE_{CCL}^{300 hPa}$ dalam studi ini mengasumsikan paket udara diangkat karena pemanasan udara permukaan dan mengabaikan mekanisme pengangkatan oleh faktor orografik, mekanisme konvergensi di lapisan permukaan ataupun pencampuran mekanis.



Gambar 3-5: Diagram pencar proporsi badai guntur pada setiap interval $CAPE_{CCL}^{300\text{ hPa}}$ (Joule/kg)

3.5 Model Regresi logistik Badai Guntur (TS)

Analisis regresi logistik dilakukan untuk menentukan hubungan secara kuantitatif. Dari data sampel untuk membangun persamaan sebanyak 643 sampel data diperoleh 85 hari terjadi badai guntur dan 558 hari tidak terjadi badai guntur pada rentang waktu jam 09.00 LT-18.00 LT (pagi hingga sore hari) sehingga frekuensi relatif kejadian badai guntur (TS) sekitar 13%.

Tabel 3-1: PROPORSI KEJADIAN BADAI GUNTUR (TS=1) DAN TIDAK TERJADI BADAI GUNTUR (TS=0)

Y (TS event)	1	85	(Event)
	0	558	
	Total	643	

Selanjutnya dilakukan analisis regresi logistik untuk menentukan hubungan secara kuantitatif. Estimasi koefisien-koefisien β menggunakan perangkat lunak *Minitab* dan diperoleh hasil pada Tabel 3-2.

Tabel 3-2: HASIL ESTIMASI KOEFISIEN-KOEFISIEN β UNTUK MEMBENTUK PERSAMAAN REGRESI LOGISTIK PELUANG KEJADIAN BADAI GUNTUR

Prediktor	Koefisien	Koefisien SE	Z	P	Rasio	Wald
Konstanta	25,57658256	14,3656	1,7800	0,0750		3,169841
(pw)	0,06939397	0,0209	3,3200	0,0010	1,0700	11,013330
(TC)	-0,10640335	0,051	-2,0900	0,0370	0,9000	4,361243
(cape_ccl)	0,00039426	0,0003	1,3500	0,1770	1,0000	1,823807

Dari Tabel 3-2 diperoleh model regresi logistik sebagai berikut:

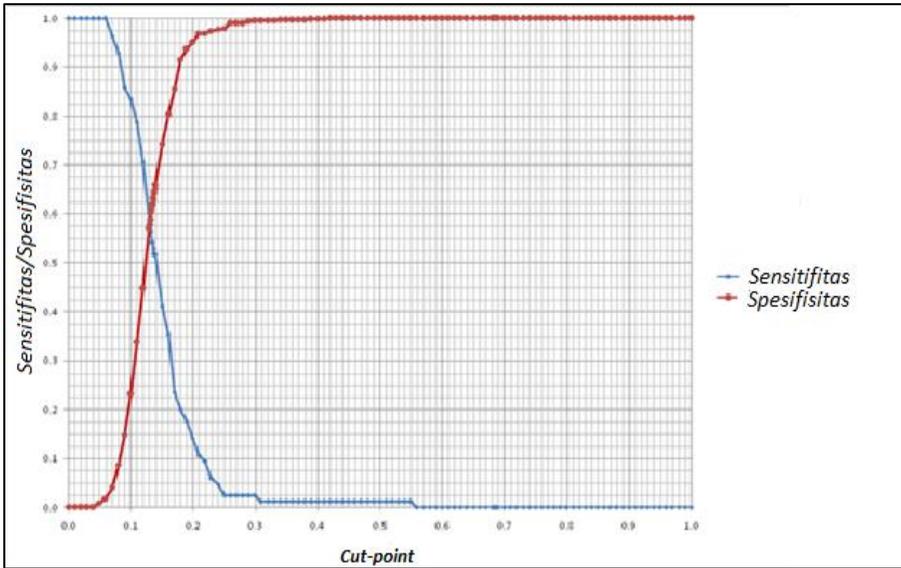
$$p(x) = \frac{\exp(25,5766 + 0,0694 pw - 0,1064 TC + 0,0004 CAPE)}{1 + \exp(25,5766 + 0,0694 pw - 0,1064 TC + 0,0004 CAPE)} \quad (3-1)$$

dengan fungsi transformasi dalam bentuk:

$$g(x) = 25,5766 + 0,0694 pw - 0,1064 TC + 0,0004 CAPE \quad (3-2)$$

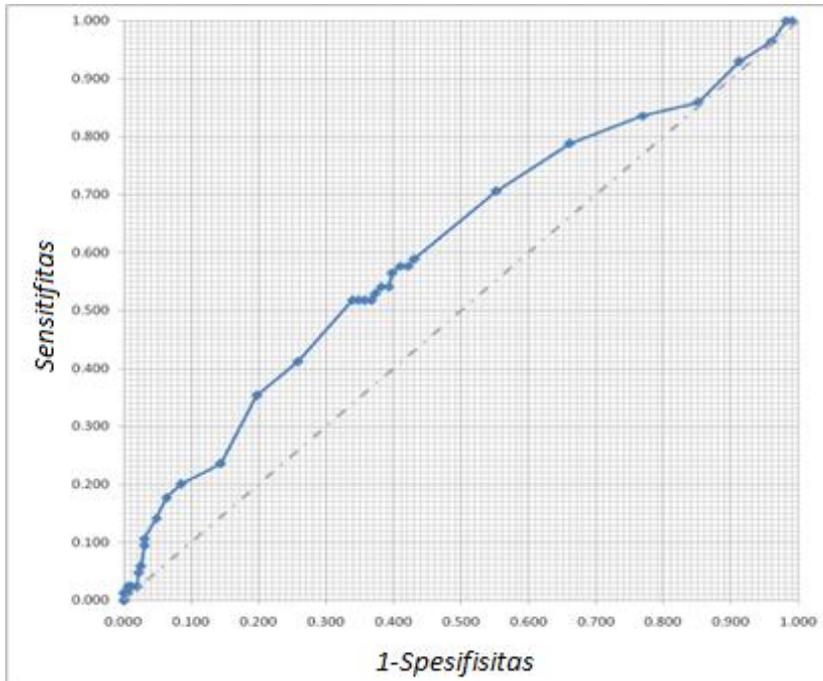
Dari perhitungan *Minitab* diperoleh nilai $G = 11,208$ dengan $p\text{-value} = 0,011$ sehingga dengan pengujian $\alpha = 5\%$ model ini secara keseluruhan dapat diterima. Uji signifikansi masing-masing variabel prediktor yang dilakukan dengan statistik *Wald* menunjukkan bahwa variabel $prec. water_{perm.}^{300 hPa}$ dan suhu konvektif memiliki nilai uji *Wald* dan $p\text{-value}$ berturut-turut (11,01334; 0,001 dan 4,361214; 0,037) sehingga dengan pengujian $\alpha = 5\%$ dapat dinyatakan *precipitable water* dan suhu konvektif signifikan mempengaruhi terjadinya badai guntur. Sedangkan variabel $CAPE_{CCL}^{300 hPa}$ memiliki nilai uji *Wald* dan $p\text{-value}$ (1,823749; 0,177) sehingga dengan $\alpha = 5\%$ dapat dinyatakan variabel $CAPE_{CCL}^{300 hPa}$ tidak signifikan mempengaruhi terjadinya badai guntur.

Plot kurva sensitifitas dan spesifisitas untuk tiap nilai cut-point dalam satu grafik dapat dilihat pada gambar 3.6. Titik perpotongan kedua kurva diperoleh pada 0,132 dan merupakan nilai *cut-point* optimum.



Gambar 3-6: Grafik sensitifitas dan 1-spesifisitas probabilitas model regresi logistik peluang kejadian badai guntur

Kemampuan model untuk mendeskripsikan *event* (1) dan *non-event* (0) dengan menggunakan diagram ROC (dapat dilihat pada Gambar 3-7). Luasan kurva ROC diperoleh 0,604.



Gambar 3-7: Diagram ROC untuk menentukan kemampuan model mendeskripsikan kejadian badai guntur. Luasan area dibawah kurva = 0,604

Setelah diperoleh nilai *cutoff*, dilakukan verifikasi untuk data model menggunakan tabel klasifikasi. Dari Tabel 3-3 diperoleh nilai akurasi model 58,8% dengan sensitifitas 57,6% dan spesifisitas 59,0%. Secara keseluruhan peluang kejadian badai guntur berdasarkan pengangkatan karena pemanasan permukaan hanya menghasilkan akurasi sekitar 59%, sehingga perlu diperhitungkan faktor dinamis misalnya geser angin.

Tabel 3-3: TABEL KLASIFIKASI UNTUK MENENTUKAN AKURASI, SENSITIFITAS DAN SPESIFISITAS (DATA SAMPEL MODEL)

Cut Value = 0,132

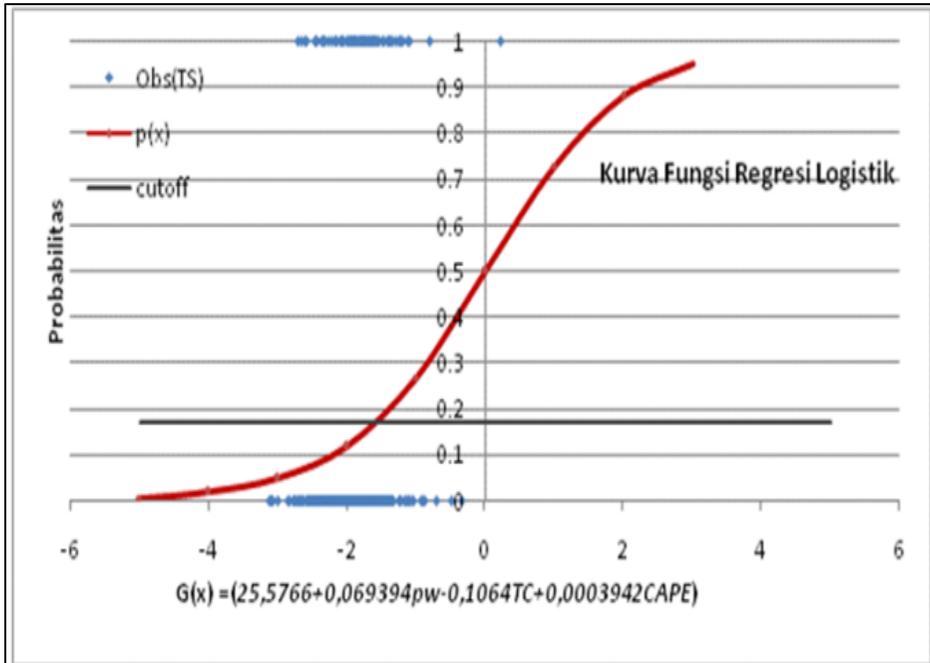
Klasifikasi	Observasi		Total	
	TS(1)	TS(0)		
TS(1)	49	229	278	akurasi 0,588
TS(0)	36	329	365	sensitifitas 0,576
Total	85	558	643	spesifisitas 0,590

Verifikasi menggunakan data sampel untuk tahun 2009 dapat dilihat pada Tabel 3-4. Untuk sampel data bebas diperoleh akurasi model 40,4% dengan sensitifitas 33,2% dan spesifisitas 59,5%.

Tabel 3-4: TABEL KLASIFIKASI UNTUK MENENTUKAN AKURASI, SENSITIFITAS DAN SPESIFISITAS (DATA SAMPEL BEBAS (TAHUN 2009))

Cut Value = 0,132

Klasifikasi	Observasi		Total	
	TS(1)	TS(0)		
TS(1)	19	64	83	akurasi 0,678
TS(0)	23	164	187	sensitifitas 0,452
Total	42	228	270	spesifisitas 0,719



Gambar 3-8: Grafik model regresi logistik peluang kejadian badai guntur. Sumbu X merupakan fungsi transformasi $g(x)$ sedangkan sumbu Y merupakan probabilitas kejadian badai guntur

4 KESIMPULAN

Secara umum pemanasan ataupun pendinginan udara di permukaan bersesuaian dengan proses konveksi yang menghasilkan awan badai (Cb) dan selanjutnya berpotensi menjadi badai guntur untuk rentang waktu pagi hingga sore hari (09.00 LT - 18.00 LT). Analisis korelasi dan peluang menunjukkan bahwa *precipitable water* memiliki hubungan berbanding lurus dengan peluang kejadian badai guntur. Variabel suhu konvektif (TC) memiliki hubungan berbanding terbalik dengan peluang kejadian badai guntur. Secara analisis statistik variabel $CAPE_{CCL}^{300\text{ hPa}}$ tidak berkorelasi signifikan terhadap potensi kejadian badai guntur (TS). Model peluang kejadian badai guntur memiliki nilai akurasi sekitar 58,8%.

DAFTAR RUJUKAN

- Alwin, J. H., and V.D Aarnout, 2003. *Thunderstorm Predictors and their Forecast Skill for the Netherlands*. Atmospheric Research, vol. 67-68, p. 273-299.
- Annonymous, 1990. *The use Of the Skew T, Log P Diagram in Analysis and Forecasting*. AWS/TR-79/006 Revised, Air Weather Service.

- Applequist, S., G. E. Gahrs, R. L. Pfeffer, and X. F. Niu, 2002. *Comparison of Methodologies for Probabilistic Quantitative Precipitation Forecasting*. Weather Forecasting, 17, p. 783-799.
- Curry, J. A., dan P. J. Webster, 1999. *Thermodynamics of Atmospheres and Oceans*, Academic Press Inc., California.
- Hosmer, D. W., and S. Lemeshow, 2000. *Applied Logistic Regression*; Second Edition, Jhon Wiley & Sons Inc., New York.
- Mudge, R. W., 1945. *Meteorology for Pilots*, McGraw-Hill Book Company, NewYork.
- Riemann-Carnpe, K., Klaus Fraedrich, and F. Lunkeit., 2009. *Global Climatology of Convective Available Potential Energy (CAPE) and Convective Inhibition (CIN) in ERA-40 Reanalysis*, Atmos. Res. 93, p. 534- 545.
- Showalter, A. K., 1953. *A Stability Index for Thunderstorm Forecasting*, Bulletin American Meteorological Society, Vo1. 34 No. 6, June 1953, p. 250-252.
- Wilks, D. S., 2006. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction*. Academic Press, London.