ISSN 2086-5589

megAsains

BULETIN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, KUALITAS UDARA, GEOFISIKA, DAN LINGKUNGAN

VOL. 6 No. 3 / Desember 2015

ASSESSMENT OF ENSO BASED PREDICTIVE SYSTEMS IN INDONESIA
Adi Ripaldi, Yahya Abawi

TINGKAT RESIKO GEMPABUMI WILAYAH SUMATERA UTARA
Chichi Nurhafizah dan Endah Puspita Sari

EVALUASI HASIL AUTOMATIC CALIBRATION PADA CO ANALYZER HORIBA APMA 360 DI SPAG BUKIT KOTOTABANG PERIODE 2012-2015
Agusta Kurniawan

PERUBAHAN STATIS COULOMB STRESS GEMPABUMI DOBLET DAN PENGARUHNYA TERHADAP ERUPSI GUNUNGAPI BATUR TAHUN 1963
Pande Komang Gede Arta Negara, I Putu Dedy Pratama

SIMULASI ANGIN KENCANG DI BANDARA INTERNASIONAL LOMBOK DENGAN MODEL WRF TANGGAL 15 MARET 2012
Annisa Fauziah

ANALISIS VARIABILITAS DAN PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KESESUAIAN AGROKLIMAT KEDELAI DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT
Yuhanna Maurits, I. GL. Parta Tanaya dan M. Husni Idris

ISSN 2086-5589

BMKG

STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG
BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA

megAsains

Buletin Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, Geofisika, dan Lingkungan

Vol. 6 No. 3 – Desember 2015

ISSN 2086-5589

megAsains

Buletin Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, Geofisika, dan Lingkungan

Vol. 6 No. 3 – Desember 2015

Diterbitkan Oleh :
Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang
Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB
Edison Kurniawan, S.Si, M.Si

REDAKTUR
Rudi Anuar Yudha TS, SP
Budi Satria, S.Si
Yosfi Andri, ST

MITRA BESTARI
Dra. Nurhayati, M.Sc
Prof. Dr. Edvin Aldrian, APU
Dr. Ir Dodo Gunawan, DEA
Dr. Wandono
Dr. Hamdi Rivai

EDITOR
Agusta Kurniawan, M.Si
Reza Mahdi, S.Kom
Harika Utri, S.Kom
Rinaldi, A.Md
Diko Revano Umbara, A.Md
Dwi Lestari Sanur
Ikhsan Buyung Arifin
Abi Bagus Indrawan
Muhammad Nazarrudin
Rendi Septa Davi

SEKRETARIAT REDAKSI
Darmadi, A. Md
Yasri
Ibrahim

MEGASAINS

MEGASAINS merupakan buletin yang diterbitkan oleh Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit kototabang sebagai media penuangan karya ilmiah yang bersumber dari kegiatan penelitian berbasis ilmu-ilmu meteorologi, klimatologi, kualitas udara, dan geofisika (MKKuG), serta lingkungan.

Dewan redaksi membuka kesempatan bagi para pakar ataupun praktisi untuk dapat mengirimkan karya ilmiah, terutama yang berkaitan dengan tema MKKuG dan lingkungan.

Naskah karya tulis yang dikirimkan hendaknya asli dan belum pernah dipublikasikan. Naskah diketik menggunakan aplikasi MS Word dengan ketentuan **PANJANG NASKAH** antara 5 sampai 15 halaman ukuran A4; batas kiri 4 cm, kanan 3,17 cm, atas dan bawah 2,54 cm; **satu kolom**; font Arial; **JUDUL** ditulis menggunakan font 12 pts, rata tengah, spasi tunggal, huruf kapital, dan cetak tebal; **ISI** ditulis menggunakan font 10 pts, rata kiri-kanan, dan spasi tunggal; tulisan disertai dengan **ABSTRAK** 1 alinea bahasa indonesia dan 1 alinea bahasa inggris, ditulis dengan font 10 pts, cetak miring, spasi tunggal, dan disertai 2-5 kata kunci.

Redaksi berhak mengubah isi naskah sepanjang tidak mengubah substansinya. Isi naskah adalah sepenuhnya tanggung jawab penulis. Pemilihan naskah yang laik cetak adalah sepenuhnya hak redaksi.

Softcopy naskah dikirimkan ke:
Redaksi MEGASAINS
PO BOX 11 Bukittinggi 26100
e-mail: stagaw.kototabang@bmkg.go.id

Dari Redaksi

Pembaca yang kami banggakan,

Puji dan Syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang dapat kembali menerbitkan Buletin MEGASAINS.

Memasuki tahun keenam penerbitannya, MEGASAINS terus melakukan berbenah diri. Pembenahan itu tidak saja dari segi tampilan, tapi juga dari isi yang diharapkan semakin memperkaya khasanah pembaca di bidang Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, Geofisika, dan Lingkungan. Pada edisi kali ini, MEGASAINS kembali menerbitkan enam karya tulis yang mewakili bidang yang menjadi kajian buletin ini.

Dengan ditunjang oleh semangat dari seluruh staf Stasiun GAW Bukit Kototabang di dalam dukungannya terhadap kesinambungan penerbitan MEGASAINS, Redaksi tentu sangat berharap hasil-hasil penelitian ini dapat mendorong terciptanya peningkatan pelayanan MKKuG di masa yang akan datang. Disamping itu, munculnya kesadaran di dalam melakukan kaidah penelitian, diharapkan akan menunjang bagi peningkatan pengetahuan serta kinerja di dalam pelaksanaan tugas sehari-hari.

Tak ada gading yang tak retak, demikian pula kiranya terbitan MEGASAINS ini yang masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, Redaksi sangat berharap saran dan masukan yang membangun demi kesempurnaan MEGASAINS di kemudian hari.

Akhirnya, Redaksi mengucapkan selamat membaca dan semoga bermanfaat.

Bukit Kototabang, Desember 2015

Daftar Isi

	halaman
Susunan Redaksi	iii
Dari Redaksi	iv
Daftar Isi	v
ASSESSMENT OF ENSO BASED PREDICTIVE SYSTEMS IN INDONESIA *Adi Ripaldi, Yahya Abawi*	150 - 160
TINGKAT RESIKO GEMPABUMI WILAYAH SUMATERA UTARA *Chichi Nurhafizah dan Endah Puspita Sari*	161 - 168
EVALUASI HASIL AUTOMATIC CALIBRATION PADA CO ANALYZER HORIBA APMA 360 DI SPAG BUKIT KOTOTABANG PERIODE 2012-2015 *Agusta Kurniawan*	169 - 176
PERUBAHAN STATIS COULOMB STRESS GEMPABUMI DOBLET DAN PENGARUHNYA TERHADAP ERUPSI GUNUNGAPI BATUR TAHUN 1963 *Pande Komang Gede Arta Negara, I Putu Dedy Pratama*	177 - 183
SIMULASI ANGIN KENCANG DI BANDARA INTERNASIONAL LOMBOK DENGAN MODEL WRF TANGGAL 15 MARET 2012 *Annisa Fauziah*	184 - 195
ANALISIS VARIABILITAS DAN PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KESESUAIAN AGROKLIMAT KEDELAI DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT *Yuhanna Maurits, I. GL. Parta Tanaya dan M. Husni Idris*	196 - 210

ISSN 2086-5589
Vol. 6 No. 3 / Desember 2015

ASSESSMENT OF ENSO BASED PREDICTIVE SYSTEMS IN INDONESIA

Adi Ripaldi[1,2], Yahya Abawi[2]

ABSTRACT

The use of Seasonal Climate Forecasting (SCF) in risk management decisions in the developing countries such Indonesia, which are most vulnerable to the impacts of climate variability and climate change, has not been widely applied yet. The major limitations are; the limited national capacity for climate monitoring and forecasting; low levels of awareness among decision makers to the local and regional impact of climate variability (e.g. ENSO); and lack of effective policy responses to climate variability and climate change. The specific objectives of this study are, for each main climate regions of the Indonesia, analyse the relationship of seasonal rainfall with key ENSO based predictors and determine the most "robust" predictive system(s) for each these region. To use FLOWCAST software to undertake three methods of investigation. Results of regression and contingency table analyses show that the synchronous associations between SOI, NINO 3.4, SST and Indonesia rainfall are significantly stronger in all climate zones for 2 seasonal periods selected (May – October and November – April) in Monsoonal and Local Type. The strength of this relationship also corresponded to high forecasting skill (LEPS) being found especially in Monsoonal and Local Climate Type of Indonesia, with the influences effecting Monsoonal.

Keywords: *Seasonal Climate Forecasting, Predictor, ENSO, LEPS.*

ABSTRAK

Penggunaan Model Prakiraan Iklim (SCF) di negara-negara berkembang seperti Indonesia, yang paling rentan terhadap dampak variabilitas iklim dan perubahan iklim, belum banyak diaplikasikan. Keterbatasan utama adalah; kapasitas nasional yang terbatas untuk pemantauan iklim dan prakiraan; rendahnya tingkat kesadaran para pengambil keputusan dengan dampak lokal dan regional dari variabilitas iklim (misalnya ENSO); dan kurangnya respon kebijakan yang efektif terhadap variabilitas iklim dan perubahan iklim. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah, untuk menganalisis hubungan curah hujan musiman dengan prediksi berdasarkan ENSO kunci dan menentukan yang paling "kuat" sistem prediktif (s) untuk masing-masing daerah tersebut. Penggunaan software FLOWCAST dengan tiga metode penyelidikan. Hasil regresi dan analisis tabel kontingensi menunjukkan bahwa hubungan antara SOI, Nino 3.4, SST dan Indonesia curah hujan secara signifikan lebih kuat di semua zona iklim selama 2 periode musiman yang dipilih (Mei - Oktober dan November-April) di wilayah hujan dengan tipe monsunal dan lokal. Kekuatan hubungan ini juga berhubungan dengan keterampilan peramalan tinggi (Leps) yang ditemukan terutama di daerah type monsunal dan lokal, yang mempengaruhi crah hujan musiman.

kata kunci: Seasonal Climate Forecasting, Predictor, ENSO,LEPS..

1)Meteorological, Climatological and Geophysical Agency
2)University of Southern Queensland, Australia
Email : adi.ripaldi@bmkg.go.id
y.abawi@usq.edu.au

INTRODUCTION

The general circulation of the atmosphere, caused by uneven heating of the Earth's surface, is the driving force behind Indonesia's weather and climate. Indonesia climate drivers such as the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) El nino/ La nina, the Indian Ocean Dipole (IOD), Monsoon and Sea Surface Temperature (SST), are some phenomenon which will influence the variability of climate in Indonesia (Harijono et al. 2008). El Nino and the Southern Oscillation (ENSO) are air–sea interactions occurring at centered in the equatorial Pacific Ocean which changes in tropical convection associated the global atmospheric circulation (Alexander et al. 2002). The SOI is an index used to quantify the strength of an ENSO event. It is calculated from the difference between the sea level pressure (SLP) at Tahiti and Darwin (Troup, 1965). Monsoons are the seasonal shift of winds created by the great annual temperature variation that occurs over large land areas in contrast with associated (Walker, 1924; Cane, M. 2000). Ocean surfaces Large-scale meridional heat transport in the Indian Ocean modulates the north Indian Ocean SST on seasonal time-scales and can possibly be involved in inter annual variability of the Asian monsoon by affecting the heat content and SST anomalies (Meehl et al. 2003). The Indian Ocean Dipole (IOD) is a coupled ocean-atmosphere climate mode in the tropical Indian Ocean. During a positive IOD event SST is anomalously warm in western Indian Ocean while it is colder than normal in the east (Saji et al. 1999; Yamagata et al. 2004).

Temporal changes in climate at small scales tend to be predictable seasons occur consistently from year to year. However, changes may occur when oceanic currents and movement of air masses are disrupted. The best-known example of this phenomenon is the El Niño-Southern Oscillation. During an El Niño event, the trade winds decrease, and the surface currents follow suit, rather than pooling in the western Pacific, warm water covers much of the ocean surface in the eastern tropics. Base on the scientific background it will be interesting to use ENSO Index and SST as a predictor for Seasonal Climate Forecast such as rainfall, then determine what the most "robust" predictive system(s) for Indonesia and also expand analysed the onset and retreat monsoon in Indonesia.

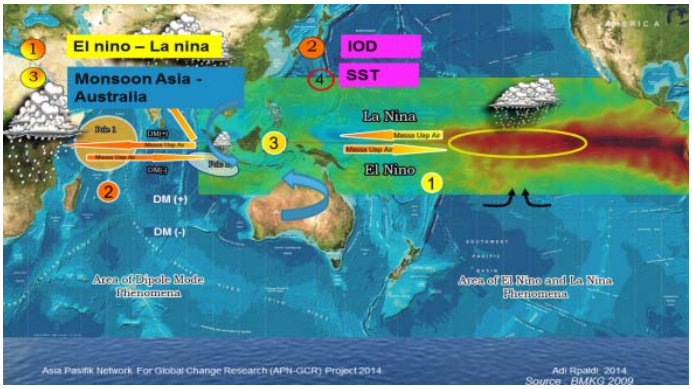


Figure 1. The Driver Climate of Indonesia (Harijono, 2008).

Split by the equator, Indonesia predominantly has a tropical climate. There are two seasons in this country – the wet and the dry seasons, and there are three dominant rainfall regions in Indonesia: the monsoon, equatorial and local types (Aldrian and Susanto 2003). The first rainfall region, the monsoon, has one peak in the rainy season. The wet season occurs between November to April while the dry season lasts from May to October. The second region, equatorial, has two wet season peaks that occur in March and October. The local region has rainfall distribution in contrast to the monsoon type (see the map belows).

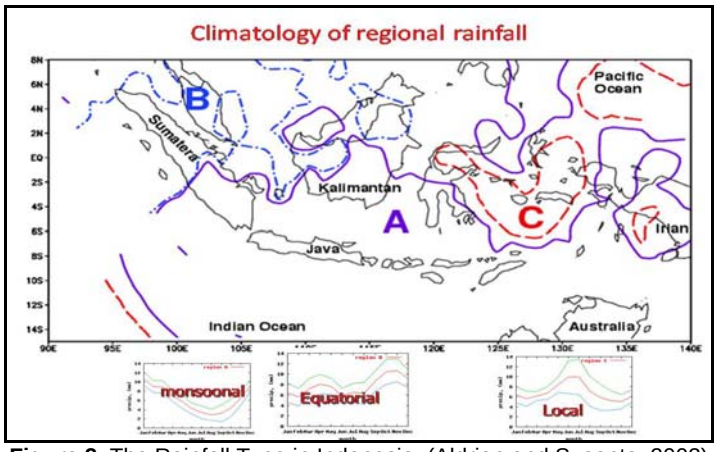


Figure 2. The Rainfall Type in Indonesia (Aldrian and Susanto, 2003)

Indonesia which located 6° N to 11 °S and 95 - 141 °E, are the archipelago countries which has a tropical climate which varies from area to area. The eastern monsoon brings the driest weather (June to September), while the western monsoon brings the main rains (December to March). Rainstorms can occur all year. Indonesia experiences very warm, sometimes humid weather throughout the year, especially along the coastal areas. The climate varies with the location of east-west stretch between islands and the elevation within the island. The wet seasons generally from November to April for Monsoon type region, June to August for Local climate type and 2 time peaks wet season for Equatorial Climate Type April and October with the mean annual rainfall exhibiting a wide variation (ranging from 700 to 2,500 mm).

METHODOLOGY

The methodology used in this investigation follows that of a recently completed validation study conducted across 3 regional rainfall type in Indonesia. Station selection base on climate regional type for each of the three distinct climate zones of Indonesia : Monsoonal Climate Type, Equatorial Climate Type and Local Climate type (Aldrian and Susanto, 2003) with length of data record about 50 years long period. Validation and analysis across additional key predictors (e.g. NINO3.4 and a range of SSTs) study for Indonesia has investigate seasonal rainfall variability and its relationship with ENSO-based predictive systems, and identify suitable skilled climate predictors for operational.

1. **Synchronous correlations** - to investigate what concurrent relationship exist between key ENSO drivers (NINO3.4, SOI & SSTs) and rainfall for select periods of the year based on seasonal forecast.
2. **LEPS score** - to calculate summary measures of skill for selected predictors (NINO3.4, SOI & SSTs) to determine predictive systems which are robust in terms of spatial and temporal consistency and nominate preferred predictive system/s that could be used operationally to forecast rainfall and identify the range of lead-times that forecasts can be made.
3. **Normalized Weighted Tercile Hindcast** - to compare the relative success between various predictors and predictands when performing a tercile forecast for a select predictor-period and predictands-period.
   Based on the seasonality in rainfall for these climate type, a six month “wet” season and six month “dry” season was defined. Using FlowCAst, regression analysis was used to investigate the concurrent trend and synchronous correlations which exist between key ENSO based predictor SOI, NINO 3.4, SST1-9 and predefined rainfall periods. To simplify the comparison between predictors a star rating was also assigned. LEPS skill score analysis and tercile hindcasting was then used to quantify and compare the robustness of main predictive systems, based on spatial and temporal consistency throughout the year and the range of lead-times that forecasts can be reliable made.

Synchronous rainfall correlation

Synchronous relationship analysis was conducted using the FLOWCAST "Analyze Relationship/ Regression Analysis" feature. Both the trend in regression analysis (positive or negative) between each climate driver and rainfall/inflow station and correlation value was recorded. For ease of interpretation the correlation value was then converted to a star-scale rating (1 star for each 0.1 of correlation), with 1 star representing poorly correlated and 5 stars or more representing highly correlated.

Rating for all stations and predictors were then tabulated for comparative purpose and to provide an "estimate" of potential forecast skill, both on an individual station level and at a climate region level base on the average for stations used which were located within each climate region.

4. **LEPS Skill Score**

Assessment of forecasting skill was undertaken using the "Skill Test" function within FLOWCAST. A range of ENSO-based statistical forecast systems were tested for each station to calculate a LEPS score for:

- 12 starting periods throughout the year,
- 3 lead times (0,1 & 2 months)
- 3 predictor –averaging period (1,2 & 3 month SST based systems & 2,3 & 4 month SOI based systems)

To enable a crude comparison of relative skill between alternative ENSO-based systems, the arithmetic average for each county and each climate region was calculated.

5. **Normalised Weighted Tercile Hindcast Analysis**

Weighted assessment of how successful a forecast strategy was for a specified predictor period and predictand period which has been normalized by years of data available and weighted based on consistency of the tercile forecast between predicted and observed.

DATA COLLATION AND INTERPRETATION

A specify number of meteorological stations from each of the three climate regions type was selected based on completed and longest data availabilities.

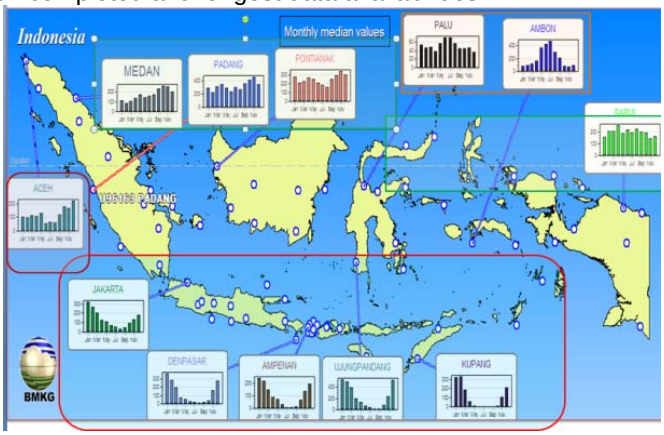


Figure 3. Meterological station used within the 3 main climate regions of Indonesia (red cycle, green cycle and, brown cycle) Monsoon, Equatorial and Local Climate Type.

Based on the general seasonality in rainfall for Indonesia, annual rainfall was split into 2 periods, May to October (Dry Season) for Monsoon Type but contrast or opposite for Local Climate Type (November to April), and then almost no dry season for Equatorial Type the rainfall always high every month (> 100 mm/month) the lowest rainfall on June and February. The Rainy Season, November to April for Monsoon Climate Type, June to August for Local Climate Type and 2 times peaks Apr and October for Equatorial Climate Type.

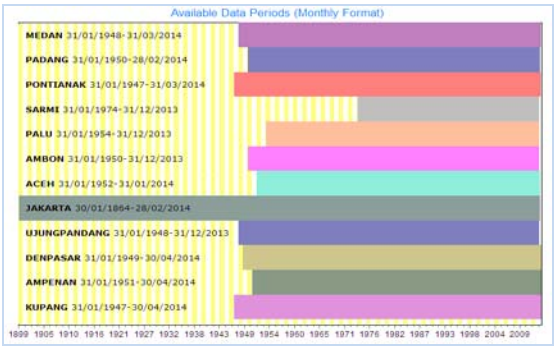
Look at the Table for selected station for analyse 3 Regional Climate Type in Indonesia.

Table 1. Meteorological station used within the 3 main climate regions of Indonesia

Climate Region Type	Specify station	Lon	Lat	Wet season	Dry Season
1. Monsoonal	Aceh	5.52 N	95.42 E	Nov-Apr	May-Oct
	Jakarta	6.16 S	107.22 E	Nov-Apr	May-Oct
	Denpasar	9.15 S	115.16 E	Nov-Apr	May-Oct
	Ampenan	8.52 S	116.07 E	Nov-Apr	May-Oct
	Ujung Pandang	5.06 S	119.55 E	Nov-Apr	May-Oct
	Kupang	10.16 S	124.07 E	Nov-Apr	May-Oct
2. Equatorial	Medan	3.57 N	99.07 E	Apr&Oct	Nov-Feb
	Padang	1.27 S	100.34 E	Apr&Oct	Nov-Feb
	Pontianak	0.01 S	109.37 E	Apr&Oct	Nov-Feb
	Sarmi	2.2 S	139.13 E	Apr&Oct	Nov-Feb
3. Local	Palu	1.07 S	120.13 E	May-Oct	Nov-apr
	Ambon	4.09 S	128.07 E	May-Oct	Nov-apr

The rainfall data availability for each of meteorological station with length of data record more than 50 years long period, which mostly was starting from 1950. The longest period is Jakarta which starting from 1864, and the shortest is Sarmi (Papua) whith starting from 1974.

Table 2. Periodical Data viability for 3 Region Climate type



Median of Rainfall for Each of Climate Type in Indonesia based on (1950-2014) period divide into 3 main category (Monsoonal, Equatorial and Local) Climate type.

Table 3. Periodical Data viability for Monsoonal Climate type

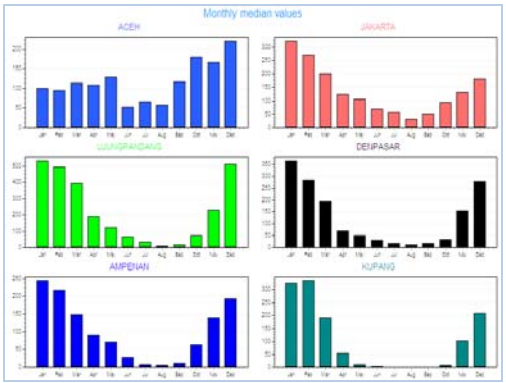


Table 4. Periodical Data viability for Local Equatorial Climate type

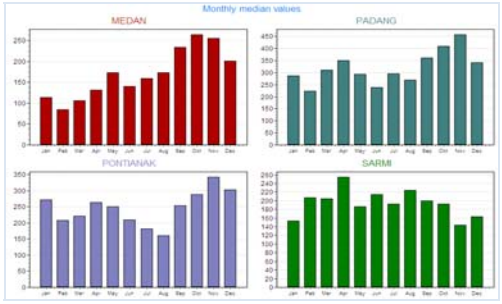
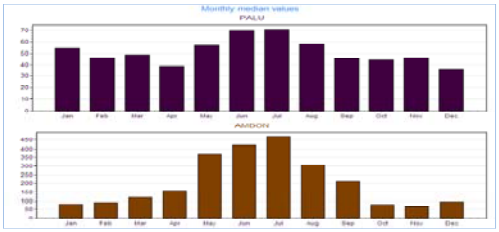


Table 5. Periodical Data viability for Local Climate type



The first rainfall region, the monsoon (Aceh, Jakarta, Ujung Pandang, Denpasar, Amenan and Kupang) has one peak in the rainy season. The wet season occurs between November to April while the dry season lasts from May to October. The second region, equatorial (Medan, Padang, Pontianak and Sarmi Papua) has two wet season peaks that occur in April and October. The 3rd is Local Climate region (Ambon and Palu) has rainfall distribution in contrast to the monsoon type, The wet season occurs between May to October while the dry season lasts from November to April.

Synchronous rainfall correlation

Preliminary synchronous relationship analysis was conducted using the SCOPIC "Analyse Relationship/Regression Analysis" feature. Both the trend in regression analysis (positive or negative) between SOI and rainfall, and correlation value was recorded. This will be later expanded to all main climate predictors (i.e. NINO 3.4, SOI and SSTs) and quartile periods throughout the year. For ease of interpretation the correlation value found was converted to a star-scale rating (1 star for each 0.1 of correlation), with 1 star representing poorly (weak) correlated and 5 stars or greater representing significant correlation (strong).

Rating for all stations and predictors were then tabulated for comparative purpose and to provide an "estimate" of potential forecast skill, at a climate region level based on the average for all stations located within each climate region (**Error! Reference source not found.** &Table). The combination of all individual synchronous relationships between predictands and predictors for 6 month periods for all stations selected across the 3 climate type is shown in **Error! Reference source not found.**-12.

Table 6. Synchronous associations (trend and correlation) between SOI and Indonesian rainfall for the period May – October for each climate zone

Climate Region Type	Specify station	Relationship	Correlation	May-Oct Star Rating
1. Monsoonal	Aceh	+ive	0.04	
	Jakarta	+ive	0.49	★★★★★
	Denpasar	+ive	0.6	★★★★★★
	Ampenan	+ive	0.68	★★★★★★★★
	Ujung Pandang	+ive	0.54	★★★★★
	Kupang	+ive	0.29	★★★
2. Equatorial	Medan	+ ive	0.18	★
	Padang	+ ive	0.27	★★★
	Pontianak	+ ive	0.28	★★★
	Sarmi	+ ive	0.32	★★★
3. Local	Palu	+ve	0.5	★★★★★
	Ambon	+ive	0.43	★★★★

Table 7. Synchronous associations (trend and correlation) between NINO 3.4 and Indonesian rainfall for the period May – October for each climate zone
Table 8. Synchronous associations (trend and correlation) between SSt 1-9 and Indonesian rainfall for the period May – October for each climate zone.
Table 9. Synchronous associations (trend and correlation) between SOI and Indonesian rainfall for the period November-April for each climate zone
Table 10. Synchronous associations (trend and correlation) between NINO 3.4 and Indonesian rainfall for the period November-April for each climate zone
Table 11. Synchronous associations (trend and correlation) between SSt 1-9 and Indonesian rainfall for the period November-April for each climate zone

Contingency tables and regression analysis show that the synchronous relationship between seasonal rainfall and SOI, Nino 3.4 and SST for the **Monsoonal and Local climate type** is **strong to very strong in the May – October (Dry Season) for Monsoonal type and Wet Season for Local Climate type.** The trend in relationship was found to be consistently positive for stations in Monsoonal and Equatorial, but consistently negative in Local climate type, this result because the peak season of Local Climate contras with the Monsoon climate type. SOI had a positive relationship with higher SOI leading to increased rainfall (high air pressure in Eastern Pacific - La Nino conditions) and NINO3.4 having a negative relationship with higher NINO3.4 leading to reduced rainfall, warm waters in Eastern Pacific- El Nino conditions (Troup, 1965).

During the period **November to April** (Rainy Season for Monsoonal type but dry season for Local Climate type. For some stations, in all three of the climate zones, this trend was reversed. It's also important at this point to note that difference in strength of relationship do exist between stations/locations and conclusions drawn above is based on the averaging of 2-4 stations in each climate region a high degree of variability exists between station correlations, especially for **Monsoonal climate type (Denpasar and Ujung Pandang) two station have very strong correlation for whole of predictor (SOI, Nino 3.4 and SST1-9)** (refer to **Error! Reference source not found.**). For **Equatorial Climate type has weaker relationship with SOI, Nino 3.4 , SSTs** and rainfall for two rainfall station (Padang and Sarmi). The reasoning behind the weaker relationship for whole stations at Equatorial climate type because the equatorial belt is a low pressure area. The tropical air masses from both the hemisphere are brought by the trade winds and they meet here which results in the formation of what is called Inter-Tropical Convergence Zone (Tjasyono, 2007). These air masses are warm and humid, the absolute humidity is constantly higher owing to the high temperature coupled with abundant moisture and have favourable lapse rates up to great heights. Therefore convection starts on a large scale leading to large cloud formations resulting in heavy rains during most part of the year. The others reasoning in part could be due to the geographic and orographic effects of the stations, and length of period data of predictor.

It's important to note that although SOI and NINO 3.4 displays a strong correlation than SST, direct comparison of these results is hindered by the limited availability of SST data (only starting in 1982, compared to SOI which in all situation predates available rainfall records). It is also important to consider within each climate type, difference in strength of relationship do exist between stations/locations and conclusion drawn above is based on the averaging of 4 stations in each climate region (Refer to **Error! Reference source not found.** for individual station results), of which some have varying lengths of records .

LEPS Skill Scores

LEPS (Linear Error in Probability Space) skill score tests can identify forecast "signals" highlighting the times of the year when a forecast will be most reliable, and the corresponding envelope of lead times that will maintain forecast reliability. Assessment of forecasting skill was undertaken using the "Skill Test" function within SCOPIC. A range of ENSO-based statistical forecast systems were tested for each station to calculate a LEPS score for 3 months rainfall with:

- 12 starting periods throughout the year,
- 3 lead times (0,1 & 2 months), and
- 3 predictor –averaging period (1,2 & 3 month for SST & Nino3.4 based systems , &

2,3 & 4 month SOI based systems).

To enable a crude comparison of relative skill between alternative ENSO-based systems the arithmetic average for each predictor for each climate region was also calculate. As shown in

this was achieved by taking the average of all skills score for all 12 start periods, 3 lead times (0-2 months) and 3 predictor periods for each ENSO-based system investigated (Nino3.4, SOI and SSTs).

Results of LEPS skill scores for individual stations and the range of starting periods, lead times, predictors and predictor periods can be seen in **Error! Reference source not found.**.

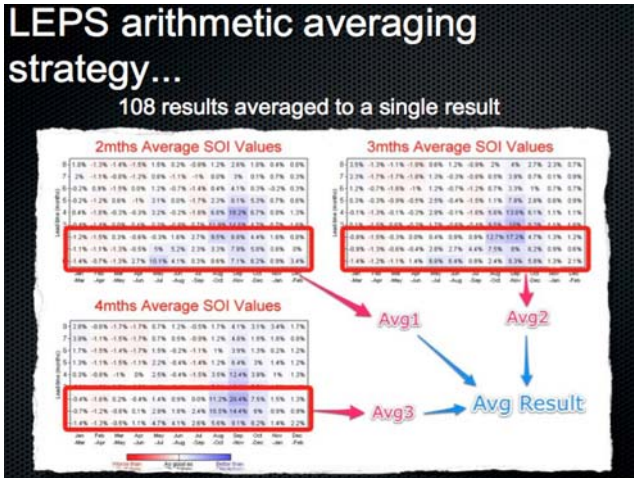


Figure 4. Method used to derive annual average LEPS value.

Significant average annual skill for individual stations located in, and collectively for 3 Climate regions (Table 1 and Table 2) were found. However, further investigation of the temporal distribution of this skill (**Error! Reference source not found.**) shows significant seasonality in skills using either NINO3.4 or SOI. It is important to consider that although a strong to very strong relationship was also found for the same locations and periods using synchronous correlation, both analyses are undertaken using different lead-times, and that high correlation does not necessarily imply high forecast skill if the predictor does not explain the variability in local rainfall.

Table 1. Average annual LEPS for each station based for a range of predictors
Table 2. Average LEPS for each climate region based on 3 stations in each region.

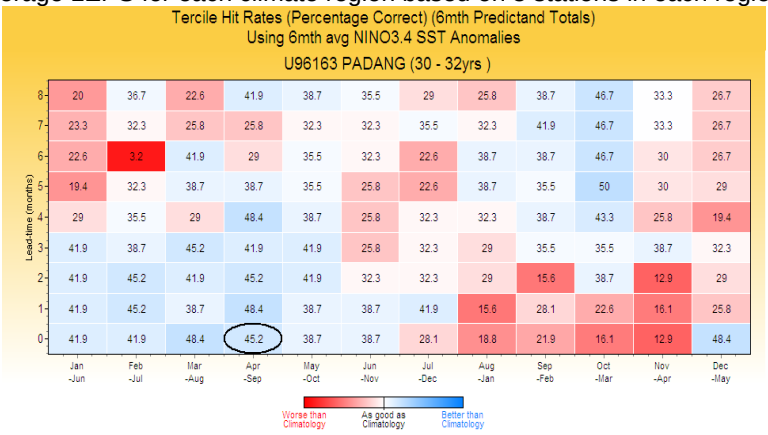


Figure 5. LEPS skill table for individual stations

A common result found is the greater skill in forecasting stream flow (which accounts for catchment scale rainfall) verses individual rainfall stations, even when located within the catchment. This was the case in terms of Angat Dam with high skill in LEPS arithmetic average for Angat Dam Inflow, but little to no skill found for Science Garden rainfall station.

Normalised Weighted Tercile Hindcast Analysis

This analysis in SCOPIC historically tests on a year-by-year basis, how successful a three category forecasting strategy would have been for a specified predictor-period and predictands -period. On a year-by-year basis forecasts are denoted as one of three results.

- Consistent (predicted coincides with observed tercile category),
- Near Consistent (predicted and observed differ by one category)
- Inconsistent (predicted and observed differ by two categories).

To reflect the significant of a correct tercile forecast, verses a near consistent forecast or the penalty associated with an inconsistent forecast, weightings were assigned to each year based on the following to derive a weighted hindcast score.

Number of Consistent years	x 3
Number of Near Consistent years	x 1
Number of Inconsistent years	x -3

Weighted scores were then divided by the total number of years of forecasts to normalize scores and enable comparison of weighted results across station with differences in record length (Refer to **Error! Reference source not found.**).

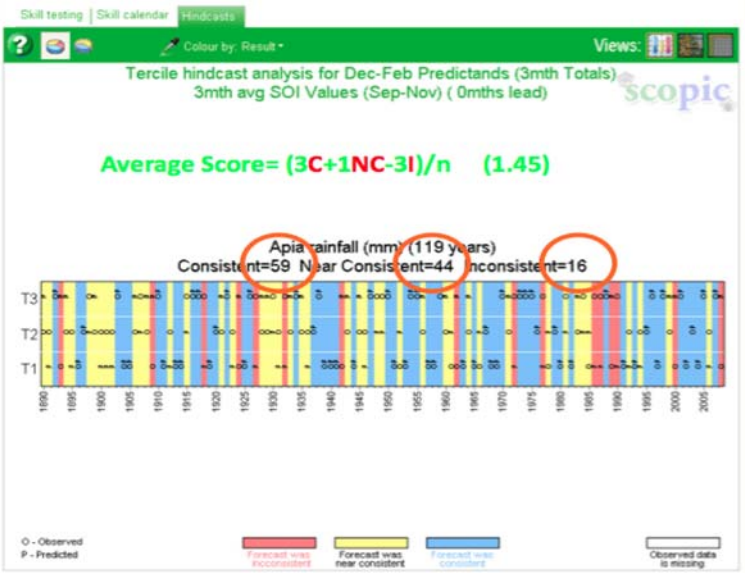


Figure 8. Tercile hindacast showing normalised weighted scoring system.

Error! Reference source not found.

Table 14 shows the normalised weighted tercile hindcast analysis for each stations individually and as an averaged based on each climate region. Although not as strong or high as that relationship and skill found for synchronous correlations or LEPS score, individual stations show significant differences in hindcast score. In addition to this, some stations located in Monsoonal and Local Climate type exhibit good hindcast results for the "dry" season (May – October) and rainy season (November – April), but do not for Equatorial climate have weaker tercile hindcast all the year (November – April). It is assumed at this stage, orographic influences and prevailing winds may play a role and as the predictor period is limited to 1-4 moths and rainfall periods reduced to quarterly periods throughout the year, even greater robustness and skill in tercile hindcast should be achieved.

Table 14. Six months tercile hindcast (based on assigned score weighting and normalised for years)

CONCLUSION

1. Base on the synchronous relationship analysis using the SCOPIC "analyse relationship/regression analysis'' show that :The synchronous associations between SOI, Nino 3.4 and SST anomali, in Indonesia rainfall are significantly stronger in 2 climate type (Monsoonal and Local) for both seasonal periods selected (May – October) Dry Season and (November – April) Rainy Season.
2. The strength of this relationship also corresponded to high forecasting skill (LEPS) being found especially in Monsoonal and Equator Climate type of Indonesia.
3. SOI (Southern Oscilation Index) is the most robust predictor for Seasonal Climate Forecast for Monsoonal and Equator climate type.
4. Although not as strong or high as that relationship and skill found for synchronous correlations or LEPS score, individual stations show significant differences in hindcast score.
5. Some stations located in the Monsoonal and Local exhibit good hind cast results for the "dry" season (May – October) and for rainy season (November – April)., but do not for Equatorial type, even greater robustness and skill in tercile hind cast should be achieved
6. The reasoning behind the weaker relationship for whole stations at Equatorial climate type because the equatorial belt is a low pressure area. The tropical air masses from both the hemisphere are brought by the trade winds and they meet here which results in the formation of what is called Inter-Tropical Convergence Zone.
7. Predictability in both the onset/start , retreat/finish and duration of the monsoon for selected stations (Ampenan) Monsoon type on average the onset of monsoons about 1st of October. In La Niña years, 50% of the time the monsoon is only delayed by 17days or less, where as this compares to more than 42 days in El Niño years. A similar situation occurs in monsoon length with El Niño years showing shorter length in monsoon compared to La Nina years.
8. SCOPIC are very useful software for SCF and Drought analysis for 3 Main Rainfall region in Indonesia.

REFERENCES

Aldrian, E., R. D. Susanto, 2003. Identification of three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and their Relationship to Sea Surface

Temperature, International Journal of Climatology, 23, 1435-1452.

Alexander, M., Blade, I., Newman, M.J., Lanzante,. Cheung Lau., James d. Scott, : The Atmospheric Bridge: The Influence of ENSO Teleconnections on Air–Sea Interaction over the Global Oceans, Journal of Climate, Vol: 15 American Meteorological Society, 2002.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika: Meteorology in Indonesia Internasional Simposium on Indonesia and Global Weather, Jakarta 2008.

Cane, M. 2000. Understanding and predicting the world's climate system," in Applications of Seasonal Climate Forecasting in Agricultural and Natural Ecosystems: The Australian Experience. Edited by G.L. Hammer. Boston: Kluwer Academic Publishers

Harijono, Sri Woro., 2008 : Analisis Dinamika Atmosfer Di Bagian Utara Ekuator Sumatera Pada Saat Peristiwa El-Nino Dan Dipole Mode Positif Terjadi Bersamaan : Jurnal Sains Dirgantara Vol. 5 No. 2 Juni 2008

Haylock, M. and J. McBride, 2001. Spatial coherence and predictability of

Indonesian wet season rainfall, J. Clim.,14,3882–3887

Hendon, H.H., 2003. Indonesian Rainfall Variability : Impact of ENSO and Local Air Sea Interaction, J. Climate 16,1775-1790.

Naylor, R. et al. 2007. The conservation of global crop genetic resources in the face of climatechange. Summary report from Plant Genetic Resources in the Face of Climate ChangeConference, Bellagio, Italy, September 3-7, 2007

Ropelewski, C.F., and MS. Halpert, 1987. Global and Regional Scale

Precipitation Patterns, Associated with the El Nino/Southern Oscillation

Mon.Wea.Rev., 115 : 1606-1626

Saji, N. H., B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran, and T. Yamagata (1999), A dipole mode in the tropical Indian Ocean. Nature, 401, 360-363.

Troup A.J., 1965. The Southern Oscillation. Quarterly Journel of Royal Meteorological Society. 91, 490-506.

Tjasyono Bayong, 2007 : Meteorology in Indonesian Equator Region, Validation of ASEAN Regional Climate Model,3-6 July 2007. West Java.

Yamagata, T., S. K. Behera, J.J. Luo, S. Masson, M. R. Jury, and S. A. Rao 2004: Coupled Ocean-Atmosphere Variability in the Tropical Indian Ocean. AGU Book Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Variability, C. Wang, S.-P. Xie and J.A. Carton (eds.), Geophys. Monogr., 147, AGU, Washington D.C., 189-212.

ISSN 2086-5589
meGAsains
Vol. 6 No. 3 / Desember 2015

TINGKAT RESIKO GEMPABUMI WILAYAH SUMATERA UTARA

Chichi Nurhafizah dan Endah Puspita Sari

ABSTRACT

The maximum ground acceleration is the largest ground acceleration recorded in the region due to the earthquake. The value of risk of earthquake ground acceleration is needed to be considered as part of the planning of earthquake resistance building. Risk is the product of hazard multiply by vulnerability which the result depend on both factors. Disaster potential is the ground acceleration factor, while the vulnerability is a total population factor. Using historical earthquake data from USGS in North Sumatra which located at 1ºS - 5ºN and 96.5 - 100,5ºE, period from 2005 to 2014 calculated the maximum ground acceleration with formula Boore (1997). The value is 372.5 gal. Medan and Deli Serdang have the largest population of the North Sumatra Province, it is referring that the greatest risk produced by the greatest vulnerability factor.

Keywords: *maximum ground acceleration, hazard, vulnerability, risk, North Sumatra.*

ABSTRAK

Akselerasi maksimum tanah adalah percepatan tanah terbesar yang tercatat di wilayah ini akibat gempa. Nilai risiko percepatan tanah gempa perlu dipertimbangkan sebagai bagian dari perencanaan bangunan tahan gempa. Risiko adalah produk dari bahaya kalikan dengan kerentanan yang hasilnya tergantung pada kedua faktor. Potensi bencana tanah faktor akselerasi, sementara kerentanan merupakan faktor total populasi. Menggunakan data historis gempa dari USGS di Sumatera Utara yang terletak di 1ºS - 5ºN dan 96,5 - 100,5ºE, periode 2005-2014 menghitung percepatan tanah maksimum dengan rumus Boore (1997). Nilai adalah 372,5 gal. Medan dan Deli Serdang memiliki populasi terbesar dari Provinsi Sumatera Utara, itu merujuk bahwa risiko terbesar yang dihasilkan oleh faktor kerentanan terbesar.

kata kunci: akselerasi maksimum tanah, bahaya, kerentanan, risiko, Sumatera Utara.

Staf Pelayanan Jasa BBMKG Wilayah I Medan
Email: chichi_hafiz@yahoo.com

PENDAHULUAN

Provinsi Sumatera Utara berada di bagian barat Indonesia, terletak pada garis 1º Lintang Selatan – 5º Lintang Utara dan 96,5 – 100,5º Bujur Timur. Sebelah utara berbatasan dengan Provinsi Aceh, sebelah Timur dengan Negara Malaysia di Selat Malaka, sebelah selatan berbatasan dengan Provinsi Riau dan Sumatera Barat dan di sebelah barat berbatasan dengan Samudera Hindia. Luas daratan Provinsi Sumatera Utara adalah 71.680,68 km2, sebagian besar berada di Pulau Sumatera dan sebagian kecil berada di Pulau Nias, Pulau-pulau Batu, serta beberapa pulau kecil, baik di bagian barat maupun bagian timur pantai Pulau Sumatera. Sumatera Utara dibagi dalam 3 (tiga) kelompok wilayah/kawasan yaitu Pantai Barat, Dataran Tinggi dan Pantai Timur.

Provinsi Sumatera Utara merupakan bagian dari Pulau Sumatera yang merupakan salah satu pulau di Indonesia yang berada di daerah pertemuan dua buah lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia yang berupa lempeng samudera dan lempeng Eurasia yang berupa lempeng benua. Adanya perbedaan massa jenis dari kedua lempeng tersebut dimana lempeng samudera lebih besar massa jenisnya daripada lempeng benua menyebabkan tipe pertemuan lempeng tersebut adalah subduksi.

Pertemuan kedua lempeng tersebut pada akhirnya mempengaruhi geomorfologi Pulau Sumatera. Penujaman lempeng samudera Indo-Australia menjadikan bagian barat Pulau Sumatera terangkat, sedangkan bagian timur relatif turun. Akibat dari penunjaman tersebut adalah terbentuknya rangkaian busur pulau depan (seperti: P. Simeulue, P. Banyak, P. Nias, P. Batu, P. Siberut hingga P. Enggano), rangkaian pegunungan Bukit Barisan dengan jalur vulkanik di tengahnya, serta sesar besar Sumetera (*The Great Sumatera Fault*) yang membelah Pulau Sumatera mulai dari Lampung hingga Banda Aceh dan terus hingga Burma. Sesar Sumatera tersebut terdiri dari beberapa segmen yang tidak kontinu. Sieh dan Natawidjaja (2000) membagi sesar Sumatera ini menjadi 19 segmen utama. Dari ke 19 segmen ini yang berada di provinsi Sumatera Utara adalah segmen Renun, Segmen Toru, Segmen Angkola dan Segmen Barumun.

Jumlah penduduk di Provinsi Sumatera Utara menurut Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara dalam buku Sumatera Utara dalam Angka 2013 mencapai 13 juta jiwa dan kepadatan rata-rata 184 jiwa per km^2 dengan laju pertumbuhan penduduk ± 1,22% per tahun membuat Provinsi Sumatera Utara mau tak mau menyimpan tingkat kerentanan (*vulnerability*) yang besar apalagi pertumbuhan infrastrukturnya tidak sesuai dengan pertumbuhan penduduk yang besar.

Bencana adalah suatu peristiwa yang terjadi secara tiba-tiba/perlahan-lahan akibat ulah alam, ulah manusia dan/atau keduanya yang menimbulkan korban penderitaan manusia, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, kerusakan sarana dan prasarana. Bencana terjadi tergantung pada dua faktor yakni *hazard* (kemungkinan terjadinya suatu fenomena yang potensial untuk merusak) dan *vulnerability* (tingkat kerugian seandainya bahaya terjadi). Dalam disiplin ilmu manajemen bencana (disaster managament), resiko bencana adalah interaksi antara tingkat kerentanan (*vulnerability*) daerah dengan ancaman bahaya (*hazard*) yang ada (latief, 2003). Ancaman bahaya, khususnya bahaya alam bersifat tetap karena bagian dari proses dinamika alami pembangunan atau pembentukan roman muka bumi baik dari tenaga internal maupun eksternal, sedangkan faktor kerentanan berupa kondisi kependudukan sebenarnya dapat diredam, salah satunya dengan meningkatkan kesiapsiagaan dan kewaspadaan masyarakat. Secara umum resiko dapat dirumuskan sebagai berikut :

Resiko (*risk*) = potensial bencana (*hazard*) x kerentanan (*vulnerability*)

Penulis akan menyajikan kajian resiko Provinsi Sumatera Utara dari segi seismologi dengan metode perhitungan percepatan tanah maksimum dengan harapan akan mendapatkan informasi yang lebih akurat dan ilmiah.

METODE PENELITIAN

Data yang dipakai untuk analisis dalam tulisan ini menggunakan data katalog gempabumi daerah Sumatera Utara dan sekitarnya periode tahun 2005 - 2014 yang diambil dari catalog USGS (usgs.gov). Daerah studi merupakan daerah Provinsi Sumatera Utara yang meliputi koordinat 1º Lintang Selatan – 5º Lintang Utara dan 96,5 – 100,5º Bujur Timur dengan besar magnitude ≥ 5.0 SR serta kedalamam ≤ 80 km dan data Vs-30 dari USGS yang kemudian diinterpolasi serta data kependudukan yang diperoleh dari Badan Pusat Stastistik Provinsi Sumatera Utara yang mencakup data jumlah penduduk kabupaten kota tahun 2012.

Perhitungan percepatan tanah maksimum dilakukan dengan Model Empiris Boore (Douglas, 2001) yang di awali dengan membagi Provinsi Sumatera Utara dan sekitarnya menjadi 117 grid dengan jarak masing-masing grid 0,5º. Data diolah hingga mendapatkan hasil percepatan tanah dengan cara menghitung nilai percepatan tanah tiap-tiap grid. Model empiris Boore ini diperoleh dari daerah penelitian di Amerika Utara. Daerah tersebut kami anggap mewakili daerah penelitian di Provinsi Sumatera Utara karena kondisi tektoniknya hampir serupa yaitu selain zona subduksi terdapat segmen sesar geser (strike-slip fault) Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } Y = b_1 + b_2 (M_w - 6) + b_3 (M_w - 6)^2 + b_4 r + b_5 \log r + b_v (\log V_{s30} - \log V_A)$$

Dimana :

Y = percepatan tanah horizontal (g)

b_1 = -0,105

b_2 = 0,229

M_w = Magnitudo momen

b_3 = 0

b_4 = 0

V_{s30} = kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter (m/s)

b_5 = -0, 778

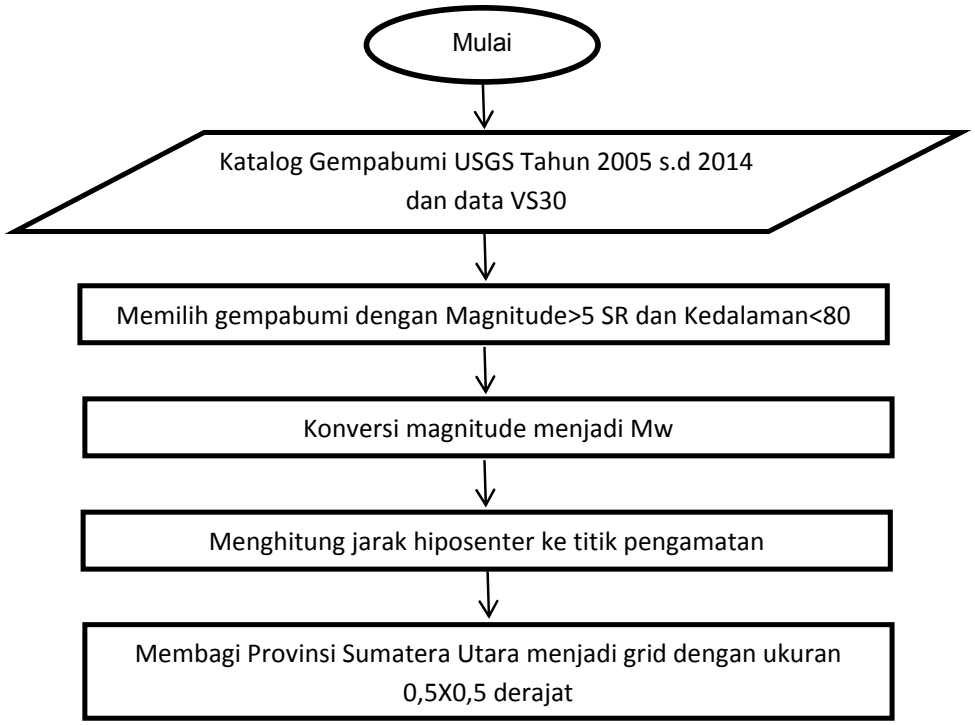
$$r = \sqrt{r_{jb}^2 + h^2}$$

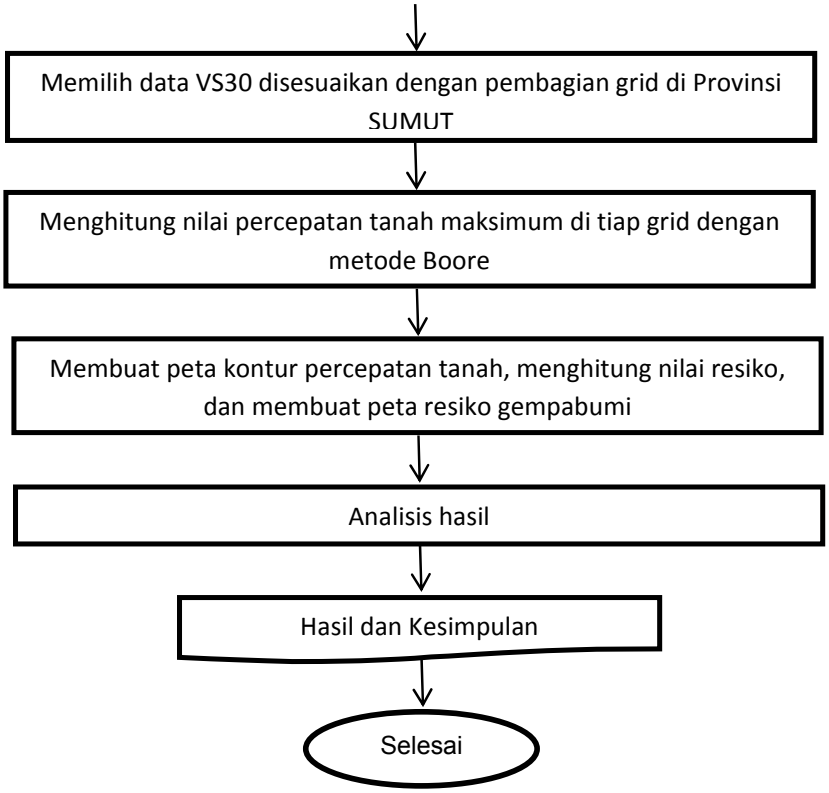
r_{jb} = jarak epicenter (km)

h = 5,57

b_v = -0, 371

V_A = 1400 m/s (konstanta kecepatan)





Gambar 1. Diagram alir pengolahan data

Dalam perhitungan rumus Boore ada digunakan data kecepatan gelombang S, hal ini dikarenakan melalui gelombang inilah respons dari jenis tanah yang dilalui gelombang seismik dianggap penting sebab efeknya terhadap kerusakan yang mungkin terjadi (Handayani et al, 2009). Data Vs30 yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari USGS dengan batasan wilayah penelitian. Kemudian diinterpolasi dan dibagi menjadi 117 grid sesuai daerah perhitungan nilai percepatan tanah.

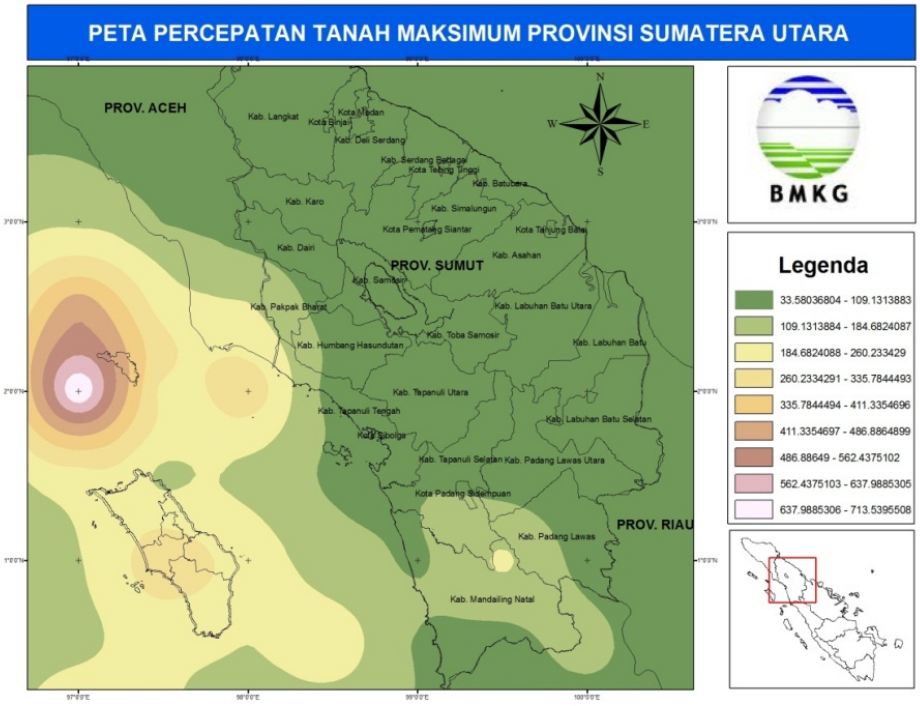
Menurut penelitian yang dilakukan Yusifirman (2007), pengambilan resiko diperoleh melalui proses perkalian dari nilai estimasi PGA dan sebaran jumlah penduduk. Pembobotan nilai resiko pada tulisan tersebut hanya didasarkan pada nilai yang diperoleh sebagai hasil perkalian sedangkan pada tulisan ini, penulias tetap mengalikan nilai estimasi PGA maksimum dan jumlah penduduk namun pembobotannya dilakukan dengan metode statistik dengan mengambil kuartil atas, tengah dan bawah. Nilai resiko yang lebih besar dari kuartil atas didefenisikan sebagai resiko tinggi, nilai yang berada di antara kuartil atas sampai kuartil bawah didefenisikan sebagai resiko sedang dan nilai yang lebih kecil dari kuartil bawah didefenisikan sebagai resiko rendah. Pembobtan seperti ini diharapkan dapat mempermudah pengertian pada pembaca.

Data jumlah penduduk yang digunakan dalam tulisan ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik yang meliputi data jumlah penduduk tiap Kabupaten di Provinsi Sumatera Utara tahun 2012. Data jumlah penduduk ini merupakan faktor kerentanan (vulnerability), namun dalam penelitian ini diasumsikan kondisi penduduk sama, artinya tidak memperhitungkan sebaran umur, kesehatan penduduk, maupun kondisi infrastrukturnya.

Kemudian Peta Provinsi Sumatera Utara dipisahkan sesuai dengan batas kabupatennya, lalu data jumlah penduduk diasosiasikan dengan peta kontur percepatan tanah sehingga dapat dilihat daerah mana yang memiliki tingkat resiko paling besar. Langkah-langkah pengolahan data tersebut dapat dilihat pada gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data historis katalog gempabumi USGS terdapat 264 data kejadian gempa yang sesuai dengan daerah dan ketentuan yang diperlukan pada proses perhitungan. Hasil pemetaan kontur percepatan tanah Provinsi Sumatera Utara dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.

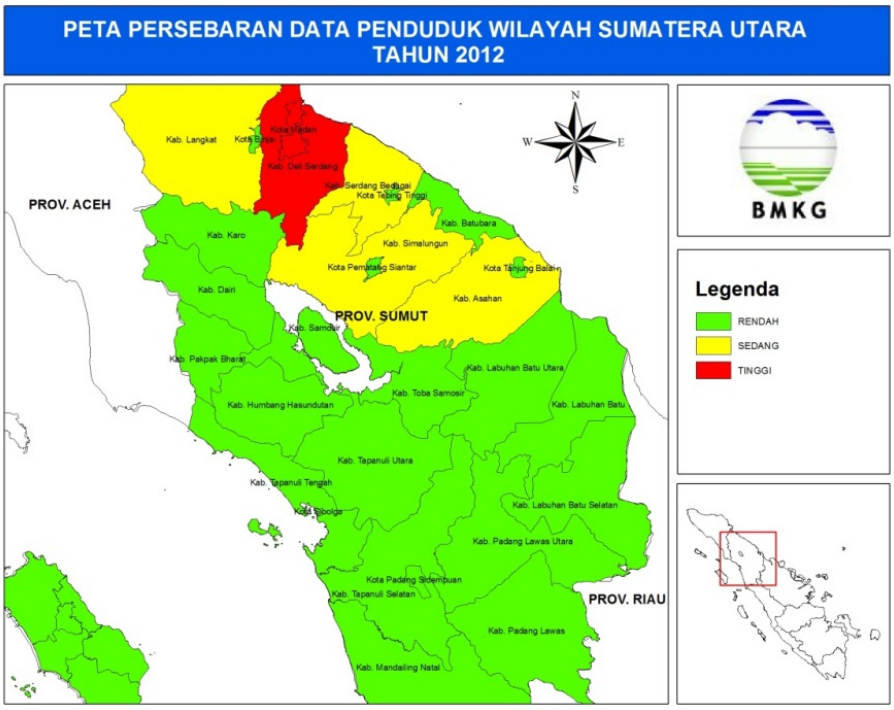


Gambar 2. Peta Kontur Percepatan Tanah Maksimum Provinsi Sumatera Utara

Penelitian ini menggunakan data real historis gempabumi dari USGS dengan harapan hasil yang didapatkan akan semakin beragam dan dapat lebih mudah diaplikasikan dalam peta kontur percepatan tanah.

Nilai dengan warna semakin terang menunjukkan daerah yang mempunyai percepatan tanah maksimum yang semakin besar. Nilai percepatan tanah maksimum yang cukup besar banyak terjadi pada daerah baratdaya Provinsi Sumatera Utara. Hal ini sesuai dengan pola sebaran episenter gempabumi pada wilayah Provinsi Sumatera Utara, dimana daerah yang terletak di sebelah baratdaya Provinsi Sumatera Utara lebih rentan terhadap bahaya gempabumi karena letaknya semakin mendekati sesar Semangko (di darat) dan daerah subduksi (di laut). Nilai percepatan tanah terbesar adalah 713,5 gal dan nilai percepatan tanah terendah adalah 33,8 gal.

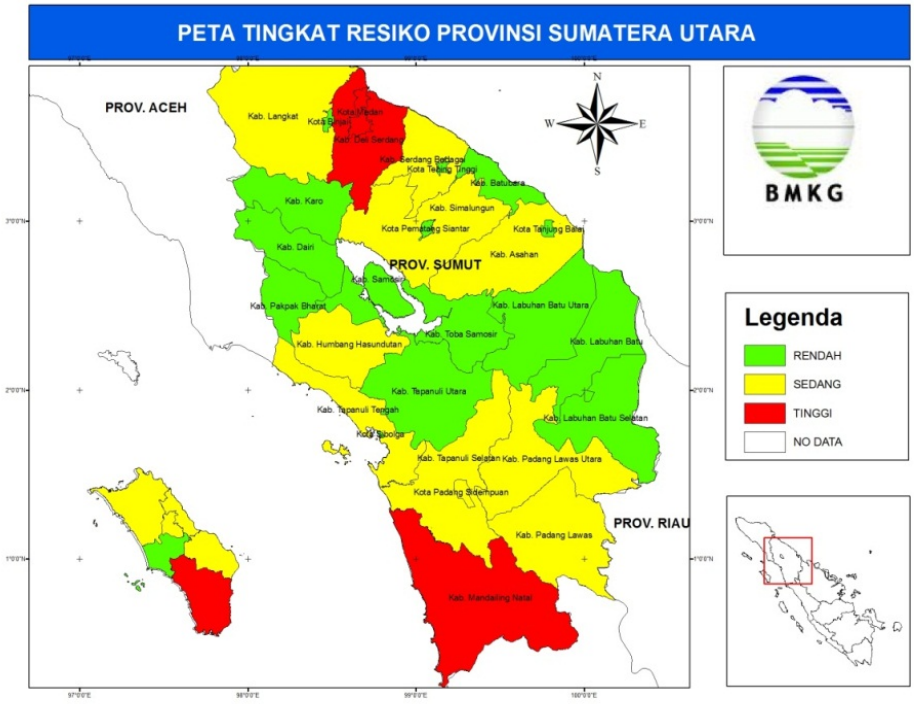
Pada proses interpolasi statistik yang dilakukan dengan ArcMap, maka dapat terlihat bahwa daerah yang memiliki percepatan tanah maksimum di wilayah Provinsi Sumatera Utara adalah kabupaten yang berada di Pulau Nias yakni Kabupaten Nias Utara, Kabupaten Nias Selatan, Kabupaten Nias Barat, Kabupaten Nias, dan Kotamadya Gunung Sitoli sebesar 335, 78 gal, serta Kabupaten Mandailing Natal sebesar 260,23 gal.



Gambar 3. Peta persebaran penduduk di Provinsi Sumatera Utara

Kotamadya Medan dan Kabupaten Deli Serdang memiliki jumlah penduduk yang terbanyak di Provinsi Sumatera Utara yakni 2.122.804 jiwa dan 1.845.615 jiwa, Sedangkan kabupaten Pakpak Bharat merupakan daerah yang memiliki jumlah penduduk sedikit yakni 41.492 jiwa. Peta persebaran data penduduk wilayah Sumatera Utara Tahun 2012 yang ditunjukkan pada Gambar 3, dibuat dengan pembagian kuartil, kuartil atas didefenisikan sebagai daerah dengan jumlah penduduk yang banyak (warna merah), nilai yang berada di antara kuartil atas sampai kuartil bawah didefenisikan sebagai daerah dengan jumlah penduduk sedang (warna kuning), dan nilai yang lebih kecil dari kuartil bawah didefenisikan sebagai daerah dengan jumlah penduduk sedikit (warna hijau).

Jumlah penduduk di suatu wilayah sudah pasti akan meningkatkan faktor kerentanan di wilayah tersebut. Namun, beberapa wilayah yang memiliki jumlah penduduk besar tidak semuanya akan memiliki resiko besar karena tingkat resiko dipengaruhi juga oleh faktor bahaya dari nilai PGA. Keduanya saling melengkapi, jumlah penduduk yang banyak dan nilai PGA yang tinggi akan menghasilkan tingkat resiko yang tinggi terhadap wilayah tersebut. Sebaliknya, jumlah penduduk yang sedikit dipadu dengan nilai PGA yang tidak begitu besar akan menghasilkan tingkat resiko yang rendah. Namun hal ini tidak serta merta menjadi sesuatu hal yang dapat menurunkan tingkat kewaspadaan terhadap bencana gempabumi di daerah tersebut.



Gambar 4. Peta resiko gempabumi Provinsi Sumatera Utara

Untuk mempermudah dalam membedakan tingkatan resiko, penggunaan warna merah, kuning, dan hijau dijadikan alternatif. Warna merah pada Gambar 4 menunjukkan tingkat resiko yang paling tinggi, warna kuning menunjukkan tingkat resiko sedang, dan warna hijau menunjukkan tingkat resiko yang rendah. Pembagian skema warna didasarkan pada perhitungan resiko dengan menggunakan dua parameter yaitu percepatan tanah maksimum dan jumlah penduduk pada masing-masing kabupaten/kota.

Hasil perhitungan dan pemetaan pada gambar 4 merupakan langkah sederhana permodelan tingkat resiko dengan parameter percepatan tanah menggunakan metode rumus atenuasi Boore 1997 karena dianggap cukup baik merepresentasikan parameter gempa, yaitu magnitude, kedalaman sumber gempa dan letak episenter. Sedangkan data jumlah penduduk merupakan data dukung sebagai faktor kerentanan untuk melihat tingkat resiko suatu bencana terkait dengan upaya mitigasi masyarakat setempat mengingat Provinsi Sumatera Utara merupakan daerah terpadat keempat setelah Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur dan Jawa Tengah. Selain itu Provinsi Sumatera Utara memiliki potensi yang cukup besar di bidang pariwisata dan kebudayaan.

Provinsi Sumatera Utara termasuk wilayah yang memiliki seismisitas cukup tinggi khususnya di pantai barat. Setelah diperhitungkan jumlah penduduknya, terlihat bahwa sebagian besar wilayah pantai barat Provinsi Sumuatera Utara memiliki tingkat resiko gempabumi dari sedang hingga tinggi. Daerah pantai baratdaya inilah tingkat resiko gempabuminya cukup dipengaruhi oleh besarnya nilai PGA di daerah tersebut karena jumlah penduduk di pantai baratdaya termasuk rendah. Daerah pantai timurlaut didominasi oleh resiko rendah hingga tinggi. Hal ini di sebabkan daerah tersebut berjumlah penduduk rendah hingga tinggi. Tingkat resiko di daerah pantai timurlaut ini lebih dipengaruhi oleh jumlah penduduk karena daerah ini nilai PGA hampir sama yaitu berkisar 50-60 gal. Dari hasil perhitungan, kabupaten/kota yang memiliki tingkat resiko gempabumi tinggi adalah Kotamadya Medan, Kabupaten Mandailing Natal, Kabupaten Nias Selatan, dan Kabupaten Deli Serdang. Oleh karena itu kabupaten/kota tersebut sangat membutuhkan perhatian khusus agar dapat mengurangi dampak resiko gempabumi. Salah satu caranya dengan membangun bangunan yang tahan terhadap gempabumi.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Daerah pantai baratdaya Provinsi Sumatera Utara didominasi oleh nilai percepatan tanah tinggi, sedangkan daerah pantai timurlaut didominasi oleh nilai percepatan tanah rendah.
2. Kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara yang memiliki tingkat resiko tinggi terhadap gempabumi adalah Kotamadya Medan, Kabupaten Mandailing Natal, Kabupaten Nias Selatan dan Kabupaten Deli Serdang.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, “Sumatera Utara dalam angka 2013”, BPS Provinsi Sumatera Utara, 2013.

Douglas, J., “A comprehensive worldwide summary of strong motion attenuation relationships for peak ground acceleration and spectral ordinates (1969 to 2000)”. ESEE Report No. 01-1., Imperial College, UK.

Handayani, Lina., et al, “Percepatan Pergerakan Tanah Maksimum Daerah Cekungan Bandung Studi Kasus Gempa Sesar Lembang”. JSDG Volume 19 N0. 5 Pusat Geoteknologi LIPI. Bandung, 2009.

Latief, H., “Penyusunan Konsep Basis Data Sumber Tsunami dan Sistem Informasi Geografis Tsunami, Pusat Riset Tsunami, KPPKL-ITB, 2003.

Shieh K., Natawidjaja D., “Neotectonic of the Sumatran Fault, Indonesia”, Journal of Geophysical Research, Vol. 105, N0 B12, Pages 28.295-28.326, 2000.

Yusifriman, “Studi Resiko Kegempaan di Jawa Bagian Barat: Suatu Pendekatan dan Kajian Awal”, Digital Library ITB. 2007.

ISSN 2086-5589
megAsains
Vol. 6 No. 3 / Desember 2015

EVALUASI HASIL AUTOMATIC CALIBRATION PADA CO ANALYZER HORIBA APMA 360 DI SPAG BUKIT KOTOTABANG PERIODE 2012-2015

Agusta Kurniawan

ABSTRACT

Research has been conducted to evaluate the results of automatic calibration the instrument CO Analyzer HORIBA APMA 360 at GAW Bukit Kototabang Station in period 2012-2015. Automatic Calibration is done by automatic zero and automatic span check check. Automatic zero check is done by entering the dry air free of carbon monoxide (CO) into the instrument. Automatic Span check is done by mixing the standard gas carbon monoxide (CO) concentrations of 44.86 ± 0:45 ppm with dry air free of carbon monoxide (CO) using a dilution unit into the instrument. Results of automatic zero check indicates there has been a deviation value of the concentration of CO from 2013 to 2015, while the automatic span check results show that most of the CO concentration values are far below the theoretical value (443 ppb).

Keywords: *CO Analyzer, HORIBA APMA 360, Bukit Kototabang, Automatic zero check, Automatic Span Check.*

ABSTRAK

Penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi hasil automatic calibration pada instrumen CO Analyzer HORIBA APMA 360 di SPAG Bukit Kototabang periode tahun 2012-2015. Automatic Calibration dilakukan dengan cara automatic zero check dan automatic span check. Automatic zero check dilakukan dengan cara memasukkan udara kering bebas karbonmonoksida (CO) ke dalam instrumen. Automatic Span Check dilakukan dengan mencampurkan gas standar karbonmonoksida (CO) konsentrasi 44.86 ± 0.45 ppm dengan udara kering bebas karbonmonoksida (CO) menggunakan dilution unit ke dalam instrumen. Hasil automatic zero check menunjukkan telah terjadi penyimpangan nilai konsentrasi CO sejak 2013 hingga 2015, sedangkan hasil automatic span check menunjukkan bahwa sebagian besar nilai konsentrasi CO berada jauh dibawah nilai teoritis (443 ppb).

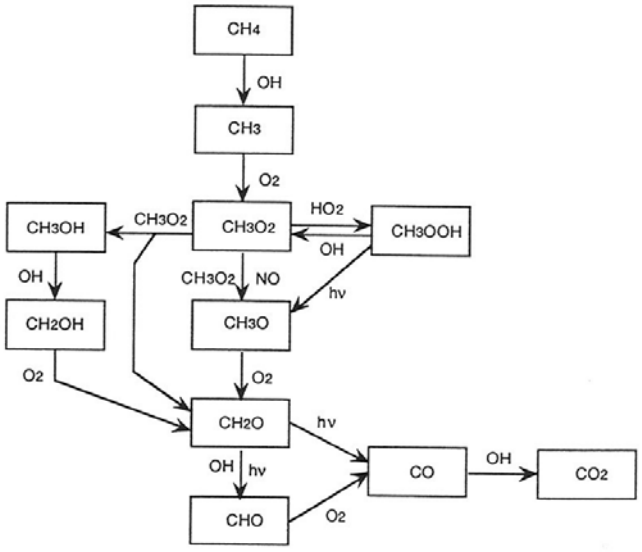
kata kunci: CO Analyzer, HORIBA APMA 360, Bukit Kototabang, Automatic zero check, Automatic Span Check.

Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang, BMKG Sumatera Barat
Email: agusta.kurniawan@bmkg.go.id

PENDAHULUAN

Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Kototabang merupakan salah satu stasiun pengamatan referensi udara bersih dan berada di daerah remote. Secara geografi Stasiun Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang terletak pada 100.32 bujur timur, 0.20 lintang selatan dan pada ketinggian 864.5 meter di atas permukaan laut. Stasiun ini terletak pada lokasi yang jauh dari pemukiman dan aktivitas manusia agar udara yang diukur benar-benar alami sehingga dapat dijadikan dijadikan referensi udara bersih. Peralatan pengukuran di SPAG Bukit Kototabang sebagian besar adalah peralatan monitoring, artinya secara terus-menurus.

Salah satu parameter pengukuran gas yang ada di SPAG Bukit Kototabang adalah karbonmonoksida (CO). Karbonmonoksida (CO) adalah senyawa kimia yang tidak berwarna dan tidak berbau, merupakan gas pencemar yang sangat berbahaya apabila konsentrasinya melebihi batas ambang. Gas ini merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna (tidak cukup oksigen) dari material karbon organik, misalnya berasal dari gas buangan dari kendaraan bermotor, asap dari industri, hasil kebakaran hutan, dari rumah tangga dan lain-lain. Karbonmonoksida merupakan parameter penting untuk dimonitoring secara terus-menerus karena berperanan penting pada proses kimia di atmosfer dan merupakan salah satu polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia, terutama pernapasan manusia.



Gambar 1. Siklus karbonmonoksida di atmosfer

Karbonmonoksida merupakan parameter penting untuk dimonitoring secara terus-menerus karena berperanan penting pada proses kimia di atmosfer dan merupakan salah satu polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia, terutama pernapasan manusia. Pentingnya karbonmonoksida pada proses kimia di atmosfer terlihat dari beberapa hal, antara lain karbonmonoksida (CO) merupakan salah satu prekursor pembentukan ozon permukaan, yang berbahaya bagi kelangsungan makhuk hidup di permukaan bumi, kedua, perubahan emisi karbon monoksida (CO) yang dioksidasi oleh radikal hidroksi akan mempengaruhi secara tidak langsung perubahan iklim dengan cara mempengaruhi ketersediaan gas metana (CH_4) sebagai salah satu gas rumah kaca di alam, ketiga, waktu tinggalnya di atmosfer cukup lama bervariasi dari 10 hari pada musim panas (di daerah daratan) sampai tahunan di daerah kutub, sehingga gas ini dapat digunakan untuk mendeteksi adanya polusi yang disebabkan aktivitas manusia (antropogenik).Sedangkan saat karbonmonoksida masuk ke dalam sistem pernapasan manusia dan berikatan dengan Hemoglobin (Hb) dalam darah membentuk senyawa kompleks COHb (Karboksi Hemoglobin), beracun bagi manusia. kemampuan karbonmonoksida (CO) berikatan dengan

Hemoglobin 250 kali lebih kuat daripada kemampuan ikatan oksigen (O_2) dengan hemoglobin. Terbentuknya senyawa kompleks COHb (Karboksi Hemoglobin) dalam darah manusia pada konsentrasi kecil akan mengakibatkan kelelahan, pusing dan tak sadarkan diri, namun pada konsentrasi tinggi bisa menimbulkan kematian bagi manusia.

Mengingat pentingnya pengukuran karbonmonoksida, maka sangat perlu untuk menilai data dan keluaran analyzer. Salah satu cara menilai kinerja instrument dengan cara mengevaluasi hasil kalibrasi instrument. Tulisan ini berusaha menilai/mengevaluasi hasil kalibrasi otomatis pada instrument CO Analyzer di SPAG Bukit Kototabang pada periode 2012 sampai 2015 dengan membandingkan hasil keluaran automatic zero check dan automatic span check terhadap nilai teoritisnya.

METODE PENELITIAN

Data gas karbonmonoksida (CO)

Pengamatan Karbonmonoksida (CO) di SPAG Bukit Kototabang menggunakan HORIBA APMA360 CO Analyzer, bekerja sama dengan EMPA Swiss yang merupakan lembaga di bawah WMO yang bertugas sebagai kalibrator untuk peralatan CO. Prinsip kerja alat ini dengan NDIR (Non Disperse Infra Red). Konsentrasi gas CO diperoleh dari instrumen HORIBA APMA360 CO Analyzer). Alat ini dihubungkan dengan sistem manajemen data dan akusisi data bernama GAWDAQ, menggunakan kabel RS232. Rawdata yang dihasilkan merupakan data rata-rata 1 menitan. Data disimpan dalam database bernama GAWDAQ.mdb, data disortir/diberi keterangan (flag) menjadi beberapa tipe 0=udara ambient, 1 = automatic zero check, 2 = automatic span check, 3= transisi, 10 = manual zero check, 20 = manual span check dan kode yang lain untuk data tidak benar (invalid data) serta data dipertanyakan (questionable data).

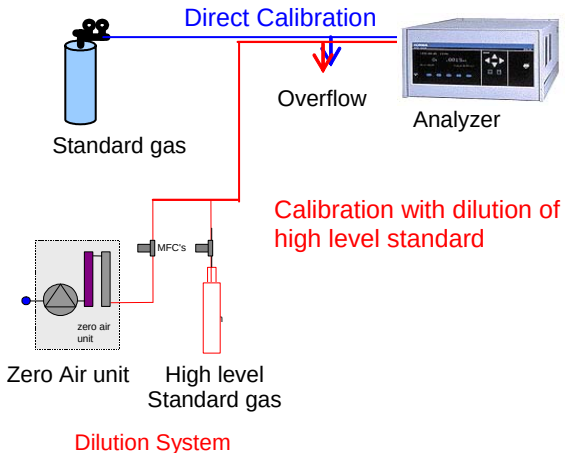
Gambar 2. CO Analyzer HORIBA APMA 360 dilengkapi dengan sistem kalibrasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari database GAWDAW.mdb periode 1 januari 2012 hingga 31 Desember 2015. Data disortir setiap tahun (2012, 2013, 2014 dan 2015) kemudian dipilih dengan COflag =1 untuk automatic zero check dan dengan COflag =2 untuk automatic span check.

Sistem Kalibrasi

Untuk menjaga kualitas data yang dihasilkan, Instrumen ini dilengkapi dengan sistem kalibrasi dan gas standar HORIBA APMA360 CO Analyzer. Berdasarkan sumber gas standar, sistem kalibrasinya dibagi menjadi dua yaitu direct calibration (artinya gas CO dari tabung gas standar langsung dialirkan ke analyzer) dan calibration with dilution of high level standard (artinya karbonmonoksida (CO) dengan konsentrasi tinggi dicampurkan dengan

udara bebas CO yang dihasilkan oleh zero air unit kemudian dialirkan ke analyzer). Sejak 2011 proses direct calibration tidak dilakukan, dengan tujuan untuk menghemat gas standard.

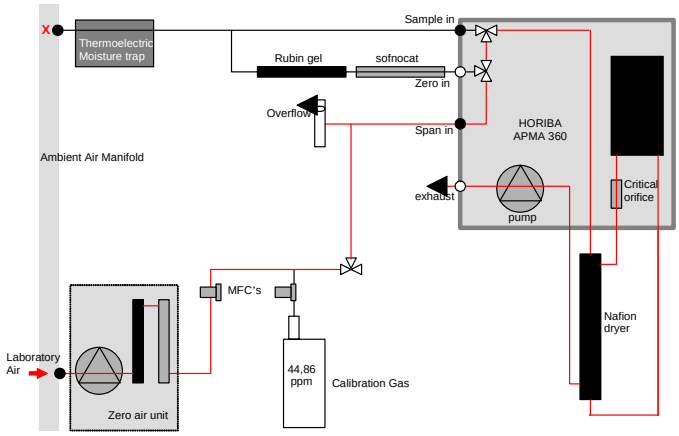


Gambar 3. Gambar skematis sistem kalibrasi instrumen berdasarkan sumber gas standar (garis biru: direct calibration, garis merah Calibration with dilution of high level standard)

Sedangkan Automatic calibration dilakukan setiap 4 jam sekali, diawali dengan automatic zero check (memasukkan sampel udara bebas karbonmonoksida yang dihasilkan oleh zero air unit ke analyzer) selama 20 menit baru diikuti dengan automatic span gas (memasukkan gas karbonmonoksida dengan konsentrasi tertentu hasil campuran antara udara bebas karbonmonoksida dan gas karbonmonoksida dari tabung gas konsentrasi tinggi) selama 15 menit. Automatic calibration menggunakan udara kering dari dalam laboratorium sebagai sumber zero air.Zero air unit adalah peralatan yang digunakan untuk menghasilkan udara bebas karbonmonoksida (CO). Sistem zero air unit untuk instrumen HORIBA APMA 360 adalah sebagai berikut:

Pompa => Pengering => Katalis => Filter

- Pompa berfungsi menarik/memasukkan udara ke dalam instrumen.
- Pengering digunakan untuk mengeringkan sampel udara atau menarik uap air yang ada terdapat pada sampel udara. Ada tiga jenis pengering udara yang digunakan, yaitu: dehumidifier, rubin gel dan nafion drier.
- Katalis berfungsi untuk mengoksidasi atau mengubah gas CO menjadi gas CO_2. katalis yang digunakan adalah sofnocat
- Filter berfungsi untuk menghilangkan partikel debu/materi yang berada pada sampel udara. Ada dua jenis filter yang dipasang yaitu, filter udara ambien dan filter instrumen.



Gambar 4. Gambar skematis proses automatic zero check pada automatic calibration

HASIL DAN PEMBAHASAN

Automatic Calibration pada CO analyzer HORIBA APMA 360 dilakukan secara otomatis oleh sistem setiap 4 jam sekali, dimulai dengan 20 menit automatic zero check kemudian diikuti 15 menit proses automatic span check. Periode yang dinilai dari hasil automatic calibration adalah dari 2012 hingga 2015. Proses Automatic Calibration dilakukan setiap 4 jam atau sering dilakukan karena instrument CO analyzer HORIBA APMA 360 cenderung tidak linier. Automatic zero check, pada dasarnya adalah memasukkan udara kering bebas karbonmonoksida (CO) ke dalam analyzer, maka nilai ideal/ nilai teoritis CO akan terbaca nol (0) ppb.

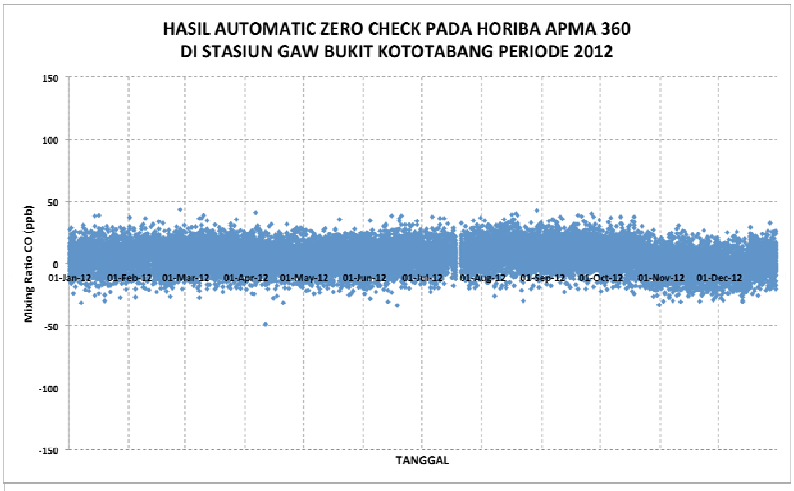
Automatic span check pada dasarnya adalah mencampurkan gas standar CO dengan udara kering bebas karbonmonoksida (CO) ke dalam analyzer melalui dilution unit, maka nilai ideal/ nilai teoritis CO dapat diketahui dengan rumus pengenceran

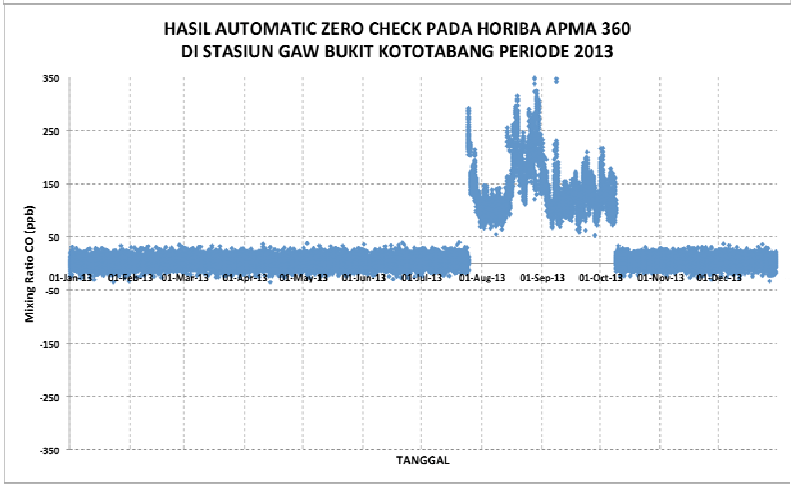
$$C3 = [(C1xQ1)+(C2xQ2)]\backslash(Q1+Q2)$$

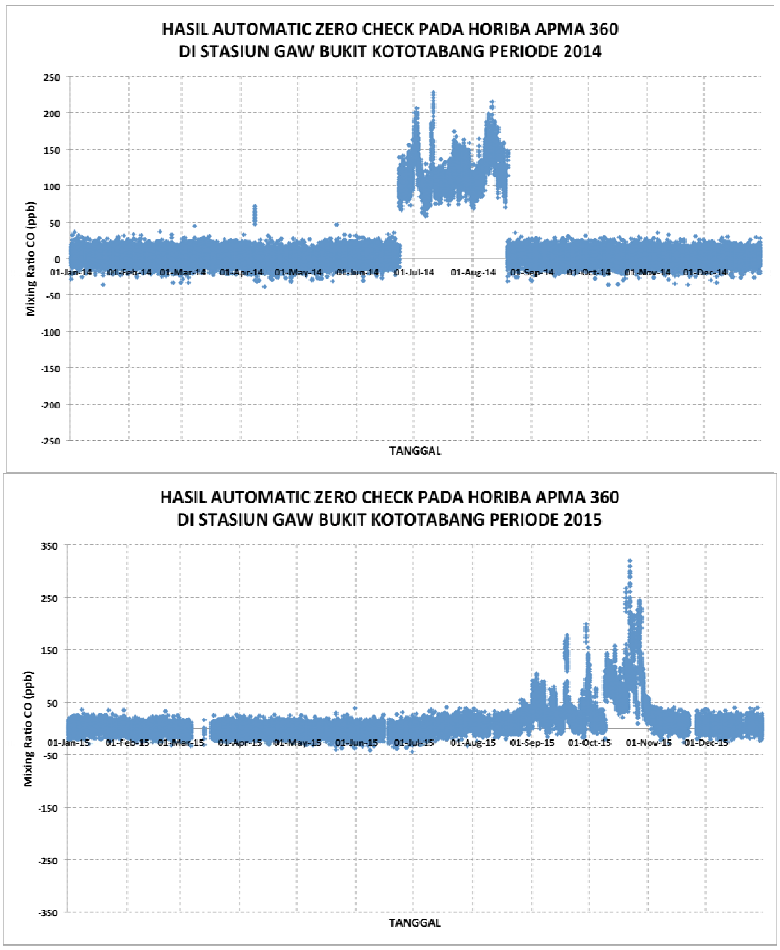
Dimana
C1=konsentrasi gas CO standar (44,86 ± 0,45 ppm)
Q1=laju alir gas CO standar (0,025 Liter/menit)
C2=konsentrasi udara kering bebas CO (0 ppm)
Q2=laju alir udara kering bebas CO (5 Liter/menit)
Q3=nilai ideal/nilai teoritis CO saat automatic span check (0,443 ppm atau 443 ppb)

Hasil Automatic Zero Check

Hasil automatic zero check untuk periode tahun 2012 hingga 2015, disajikan di gambar 5,







Gambar 5. Hasil Automatic Zero Check pada HORIBA APMA 360 di Stasiun GAW Bukit Kototabang Periode 2012 hingga 2015.

Hasil automatic zero check, yang secara ideal konsentrasi /mixing ratio CO seharusnya berada di nol (0)ppb. Pada tahun 2012 hasil zero check menunjukkan hasil deviasi/penyimpangan disekitar nol (0) ppb yaitu +50 hingga -50 ppb, namun tidak nampak pergeseran yang cukup besar.

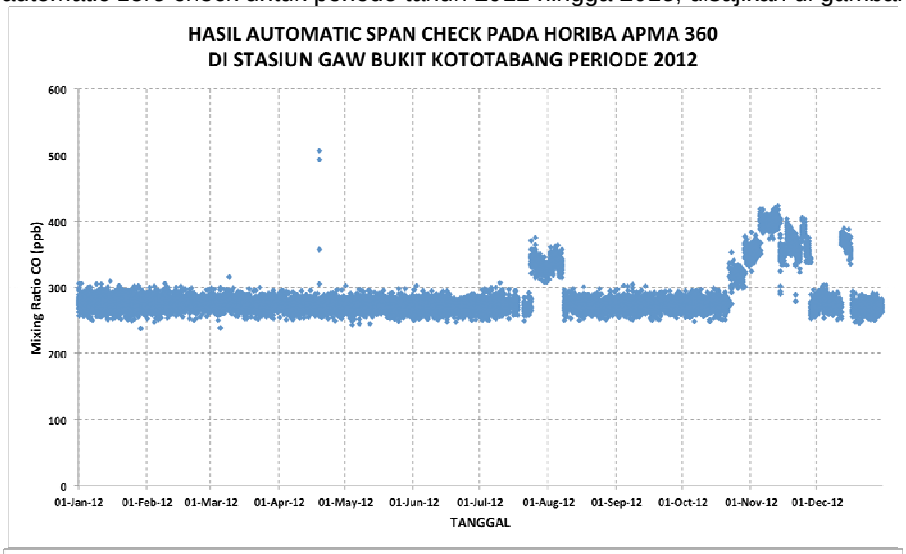
Pada data tahun 2013, hasil keluaran nilai automatic zero check menunjukkan penyimpangan yang cukup besar, sejak bulan agustus hingga oktober 2013, konsentrasi zero check terjadi peningkatan dari 50 ppb hingga 350 ppb.Kemungkinan terjadi karena katalis tidak berfungsi sempurna, ada gas CO yang ikut masuk ke dalam analyzer, inlet filter tersumbat atau kinerja instrument tidak berjalan dengan baik.

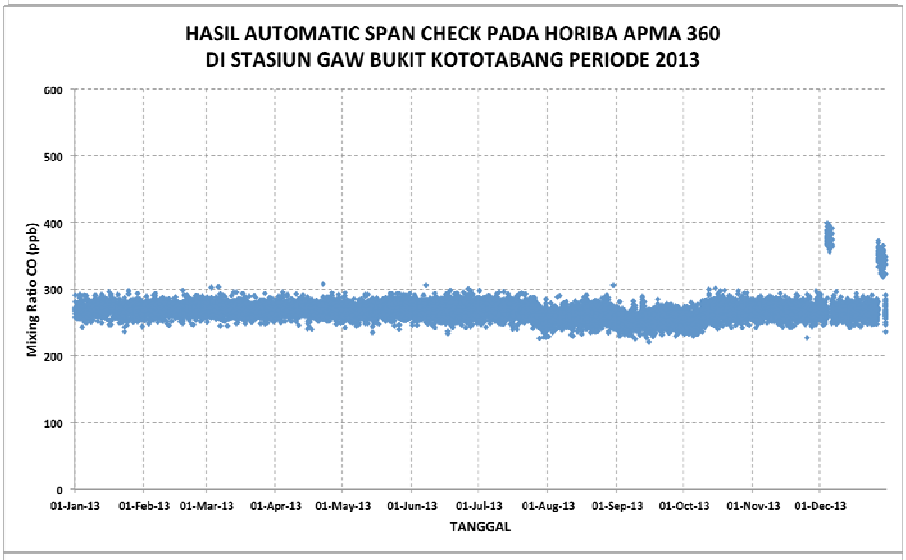
Kejadian serupa juga terulang untuk tahun 2014, hanya saja nilai penyimpangan tidak sebesar pada tahun 2013.Pada bulan Juli hingga Agustus 2014 terjadi peningkatan nilai konsentrasi (mixing ratio) CO saat automatic zero check dari dari 50 ppb hingga 250 ppb.Pendugaan penyebab terjadinya mirip dengan tahun 2013, yaitu: kemungkinan terjadi karena katalis tidak berfungsi sempurna, ada gas CO yang ikut masuk ke dalam analyzer, inlet filter tersumbat atau kinerja instrument tidak berjalan dengan baik.

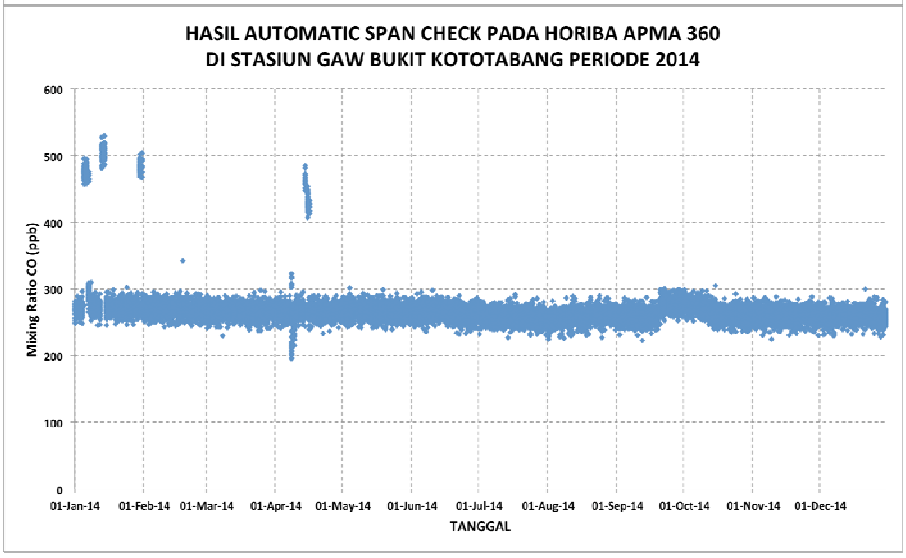
Penyimpangan nilai konsentrasi (mixing ratio) CO saat automatic zero check, terjadi juga tahun 2015, yaitu pada bulan September hingga November 2015, hanya saja tidak semua data diatas nol, masih ada nilai negative yang terbaca saat terjadi penyimpangan nilai konsentrasi (mixing ratio) CO.

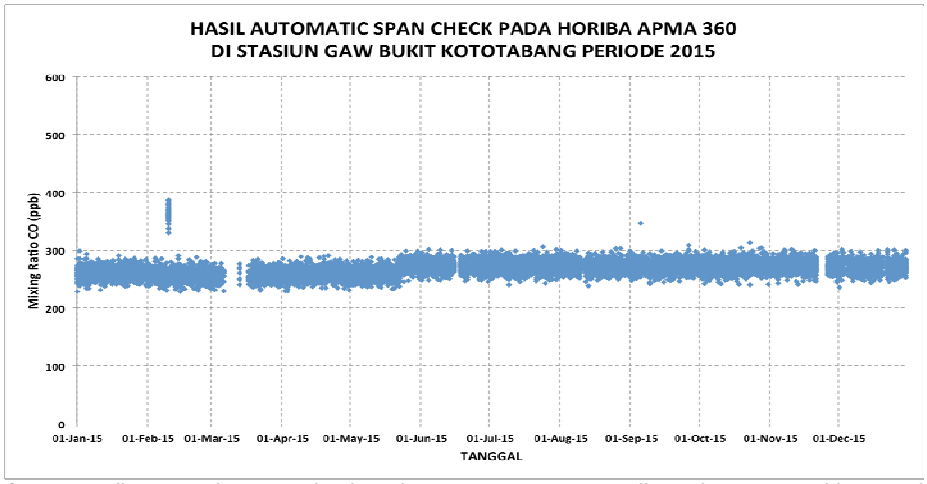
Hasil Automatic Span Check

Hasil automatic zero check untuk periode tahun 2012 hingga 2015, disajikan di gambar 5.









Gambar 6. Hasil Automatic Span Check pada HORIBA APMA 360 di Stasiun GAW Bukit Kototabang Periode 2012 hingga 2015.

Nilai target/nilai teoritis hasil automatic span check adalah 443 ppb, namun dari sejak tahun 2012 hingga 2015 sebagian besar data span check berada di bawah 300 ppb, dan hanya kurang dari 10 hari dalam 4 tahun tersebut dimana nilai CO menyentuh atau di atas 443 ppb. Hal itu dapat dijelaskan karena tekanan dalam tabung gas standar sudah rendah (di bawah 1000 psi) menyebabkan konsentrasi/mixing ratio CO sangat kecil jauh di bawah (44,86 ± 0,45 ppm). Penjelasan kedua, adalah terjadi pergeseran/penyimpangan nilai keluaran instrument, sehingga perlunya adanya regenerasi CO analyzer HORIBA APMA 360 dengan yang baru.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa diatas maka dapat diambil kesimpulan:

1. Hasil automatic zero check telah terjadi penyimpangan sejak tahun 2013 hingga 2015, walupun tidak semua data terjadi penyimpangan.
2. Hasil nilai automatic span check dan menunjukkan nilai pengukuran jauh dibawah nilai teoritis (443ppb), kemungkinan karena tekanan gas standar sudah rendah (di bawah 1000 psi), kedua, kemungkinan perlu adanya regenerasi/peremajaan CO analyzer yang baru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada rekan-rekan SPAG Bukit Kototabang yang telah melakukan pengukuran, perawatan dan kalibrasi terhadap CO Analyzer, terutama kepada Yosfi Andri, Rinaldi, Dwi Lestari Sanur dan Alberth Christian Nahas. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr.Christoph Zellweger dan Dr Martin S. dari EMPA (swiss) yang telah membantu mengaudit, membimbing dan melakukan setting terhadap CO Analyzer, HORIBA APMA 360.

DAFTAR PUSTAKA

C. Zellweger, C. Huglin, J. Klausen, M. Steinbacher, M. Vollmer, dan B. Buchmann.(2009).Inter-comparison of four different carbon monoxide measurement techniques and evaluation of the long-term carbon monoxide time series of Jungfraujoch, Atmos.Chem. Phys., 9, 3491–3503

Christoph Zellweger, Jörg Klausen, Brigitte Buchmann. (2010). Carbon Monoxide (CO) in the Atmosphere. Slide Presentation, EMPA

Noname. (1998). Operation Manual Ambient CO Monitor APMA-360.Horiba Ltd, Ver 1.1

C. Zellweger. (2010). Carbon Monoxide Calibration and Calibration Scales. Slide Presentation, EMPA

Carles Siregar. (2003). Pengamatan Karbonmonoksida di Stasiun GAW (Global Atmosfher Watch) Bukit Kototabang Sumatra Barat, Megasains

ISSN 2086-5589
megAsains
Vol. 6 No. 3 / Desember 2015

PERUBAHAN STATIS COULOMB STRESS GEMPABUMI DOBLET DAN PENGARUHNYA TERHADAP ERUPSI GUNUNGAPI BATUR TAHUN 1963

Pande Komang Gede Arta Negara[1,2], I Putu Dedy Pratama[2]

ABSTRACT

Batur Eruption in year 1963 was the interesting phenomenom due to 4 months prior the eruption there were near doublet earthquake. The aim of this paper is to investigate the relationship between earthquakes and volcanic eruptions. These results indicate that the earthquake on May 18th 1963 resulted a positive Coulomb stress changes (0.05 bar) in the direction of the Batur Volcano, and the earthquake on May 22th 1963. The cross section that divides Batur volcano and doublets earthquake showed the positive Coulomb stress changes to the lower part of Batur volcano in the depth range of 30-70 km with lobes reaching 0.05 bar. When compared with the results of tomographic imaging, the Coulomb stress changes are positive in the partial melting region of Batur volcano.

Keywords: *volcanic eruption, doublet earthquake, Coulomb stress change.*

ABSTRAK

Erupsi gunungapi Batur tahun 1963, merupakan peristiwa erupsi yang unik karena 4 bulan sebelum erupsi terjadi gempabumi doblet didekatnya. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui hubungan antara gempabumi dengan erupsi Gunungapi. Hasil penelitian ini menunjukan bahwa gempabumi tanggal 18 Mei 1963 menghasilkan perubahan coulomb stress positif (0.05 bar) ke arah Gunungapi Batur dan gempabumi tanggal 22 Mei 1963. Irisan melintang yang membelah Gunungapi Batur dan gempabumi doblet menunjukkan perubahan Coulomb stress positif yang terdapat pada bagian bawah Gunungapi Batur dalam rentang kedalaman 30 - 70 km dengan lobus mencapai 0.05 bar. Jika dibandingkan dengan hasil pencitraan tomografi maka perubahan coulomb stress positif berada pada daerah partial melting dari Gunungapi Batur.

kata kunci: erupsi gunungapi, gempabumi doblet, perubahan Coulomb stress.

1)Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika
2)Stasiun Geofisika Sanglah Denpasar
Email: checkmate_mail@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Gunungapi Batur merupakan Gunungapi aktif yang tidak jarang mengalami erupsi. Sejarah erupsi Gunungapi Batur telah diteliti mulai tahun 1800-an. Erupsi Gunungapi Batur pertama yang tercatat sejarah adalah erupsi tahun 1804. Jika mencermati catatan sejarah, Erupsi Gunungapi Batur tahun 1963 merupakan erupsi yang unik, karena 4 bulan sebelum erupsi tersebut, yaitu pada 18 Mei 1963 terjadi gempabumi dengan magnitude 6 SR di timur laut Gunungapi Batur yang berjarak 20 km dari lokasi erupsi. Kemudian empat hari berikutnya terjadi gempabumi dengan magnitude yang sama dengan lokasi 14 km dari gempabumi 18 Mei 1963. Magnitude gempabumi yang hampir sama dengan hiposenter yang cukup berdekatan membuat gempabumi ini dikatakan sebagai gempabumi doblet. Lokasi gempabumi yang relatif dekat dengan Gunungapi Batur serta selang waktu yang relatif singkat antara kejadian gempabumi dan erupsi Gunungapi Batur menguatkan anggapan bahwa gempabumi doblet tersebut berpengaruh terhadap erupsi Gunungapi Batur.

Sejauh ini hubungan yang menyatakan pengaruh antara kejadian gempabumi dengan peningkatan aktfitas erupsi Gunungapi telah didiskusikan dalam beberapa kejadian erupsi di beberapa negara pada tahun 1823, 1835, 1840, 1902, dan 1943 (Voight et al., 2000). Mekanisme gempabumi menghasilkan tegangan normal dan tegangan geser. Resultan gaya-gaya tersebut dapat direpresentasikan dengan Coulomb stress. Perubahan Coulomb stress tersebut menunjukkan bagaimana mekanisme suatu gempabumi mampu meningkatkan atau menurunkan potensi pensesaran pada patahan disekitarnya. Gaya-gaya dari proses pensesaran pada kejadian gempabumi mengindikasikan perubahan Coulomb stress positif dan negatif pada daerah sekitarnya. Perubahan ini digunakan sebagai indikator arah akumulasi stress selanjutnya yang ditandai dengan perubahan Coulomb stress positif (King, dkk., 1994).

Tulisan ini berujuan untuk mengetahui hubungan antara gempabumi dengan erupsi Gunungapi. Dalam penulisan ini dilakukan analisis arah stress serta akumulasi stres dengan mengintepretasi perubahan Coulomb stress yang ditimbulkan oleh gempabumi doblet yang bersumber pada sesar naik belakang busur di utara pulau bali.

Seting Tektonik

Pulau Bali merupakan gugusan kepulauan Sunda kecil yang terbentuk sebagai akibat proses subduksi lempeng Indo- Australia kebawah lempeng Eurasia. Lempeng Indo-Australia diperkirakan bergerak dengan kecepatan 7 cm/tahun dengan arah mendekati normal (Tregoning dkk., 1994). Pengaruh tektonik utama untuk Pulau Bali didominasi oleh adanya tumbukan antara lempeng Indo-Australia dan Busur Sunda. Tumbukan ini menyebabkan timbulnya pusat-pusat gempabumi di zona subduksi Jawa yang dimulai dari Selat Sunda di bagian barat dan berakhir di Pulau Banda di bagian timur dan pusat-pusat gempabumi pada patahan naik belakang busur Flores.

Patahan busur belakang Wetar dan Flores pertama kali dilaporkan oleh Hamilton (1979) berdasarkan beberapa profil refleksi dari Lamont-Doherty. Hamilton (1979) menemukan adanya patahan di utara pulau Alor dan Pantar disisi timur busur belakang zona subduksi Jawa yang biasa dikenal sebagai sesar Sungkup belakang busur Wetar, Flores sampai Sumbawa. Sedangkan Silver dkk.(1986) memperkirakan bahwa patahan tersebut disisi barat berlanjut sampai ke cekungan Bali yang terletak di utara Pulau Bali.

Teori Coulomb Stress

Coulomb stress merupakan penjumlahan normal stress dengan shear stress. Perubahan Coulomb stress yang disebabkan oleh gempabumi utama (CFF) diberikan oleh persamaan 2.1.

$$\Delta CFF = \Delta\tau \mid \mu(\Delta\sigma \mid \Delta p) \quad (2.1)$$

Dimana $\Delta\tau$ adalah shear stress yang di berikan oleh bidang patahan (positif dalam arah slip), $\Delta\sigma$ adalah perubahan pada normal stress (positif apabila patahan tidak mengalami klem), μ adalah koefisien gesek *apparent* yang didapatkan setelah

mempertimbangkan efek dari tekanan pori fluida yang biasanya direpresentasikan dengan μ' dan Δp adalah perubahan tekanan pori, umumnya kurang dikenal namun sebanding dengan perubahan normal stress (Ge dan Stover, 2000; Cocco dan Rice, 2002).

Pada studi-studi sebelumnya pada umumnya menggunakan persamaan 2.2 dimana koefisien gesekan apparent (μ') sudah termasuk dalam Δp.

$$\Delta CFF = \Delta\tau + \mu'.\Delta\sigma \quad (2.2)$$

Koefisien gesekan apparent (μ') biasanya diasumsikan antara 0.4 – 0.8 untuk patahan yang memiliki akumulasi slip rendah, atau cenderung kasar. Sedangkan untuk patahan yang memiliki akumulasi slip tinggi atau tekanan pori tinggi diasumsikan dalam rentang nilai antara 0.0 – 0.4. Dalam tulisan ini diasumsikan μ' yang digunakan adalah 0.4 sebagai nilai tengah dari rentang 0.0 – 0.8, *poisson ratio* = 0.25 dan *shear modulus* = 3.2 x 10^5 bar (King dkk., 1994). Terdapat dua pendekatan untuk mendapatkan perubahan Coulomb stress, yang pertama dengan mempertimbangkan geometri dan rake pada patahan, dan yang kedua dengan terkonsentrasi pada tektonik dan stres regional.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data mekanisme fokal gempabumi doblet tanggal 18 Mei 1963 dan tanggal 22 Mei 1963. Data hiposenter dan solusi bidang sesar diperoleh dari penelitian McCaffrey dan Nabalek (1987) berdasarkan perbandingan antara seismogram sintetis dengan hasil pengamatan seismogram periode panjang gelombang P komponen vertikal dan gelombang SH dari World-Wide Standarized Seismograph Network (WWSSN). Lokasi penelitian terletak pada 7.90 LS – 8.60 LS dan 115.20 BT – 115.90 BT didasarkan pada lokasi episenter gempabumi doblet dan lokasi Gunungapi Batur. Penelitian ini meliputi tahap pengambilan (akuisisi) data, pengolahan (prosessing) data, dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data. Pengolahan data coulomb stress menggunakan software Coulomb 3.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan gempabumi dengan aktivitas vulkanik Gunungapi telah diteliti oleh beberapa ilmuan. Hasil penelitian terdahulu menunjukan adanya peningkatan aktifitas vulkanik, setelah terjadinya gempabumi bersekala besar di dekatnya. Pengaruh yang ditimbulkan oleh gempabumi terhadap daerah disekitarnya dapat direpresentasikan dalam bentuk statis stress dan dinamic stress. Dinamic stress berasosiasi dengan gelombang seismik memiliki magnitude yang besar namun terjadi secara singkat dan tidak permanen, sedangkan statis stress memiliki pengaruh yang permanen walaupun dengan kekuatan yang relatif lebih kecil (Manga, Brodsky. 2006). Respon Gunungapi yang ditimbulkan akibat pengaruh gempabumi tersebut sangat relatif, dapat terjadi dalam waktu singkat maupun lebih lama, contohnya Gunungapi Kilauea, Hawaii mengalami erupsi hanya berselang 1,5 jam setelah terjadi gempabumi dengan magnitude 7.2 SR didekatnya (Lipman, dkk. 1985). Kejadian serupa juga terjadi pada kasus Gunungapi Cordon Caulle, Chile pada tahun 1960 yang mengalami erupsi berselang 38 jam setelah gempabumi 9.5 SR Chile yang berjarak 240 Km (Lara, dkk. 2004).

Berbeda dengan gempabumi Sumatera 26 Desember 2004 yang tidak mendapatkan respon secara langsung dari Gunungapi disekitarnya, dan hanya memicu aktifitas Gunungapi lumpur di kepulauan Andaman, padahal daerah Sumatera merupakan daerah yang memiliki potensi Erupsi Gunungapi yang tinggi dan relatif dekat dengan episenter gempabumi Aceh (Manga, Broadsky. 2006), hingga akhirnya pada tahun 2010 memicu peningkatan aktifitas Gunungapi sinabung yang tertidur selama lebih dari 400 tahun (Negara, Pratama 2013).

Pengaruh Gempabumi Terhadap Erupsi

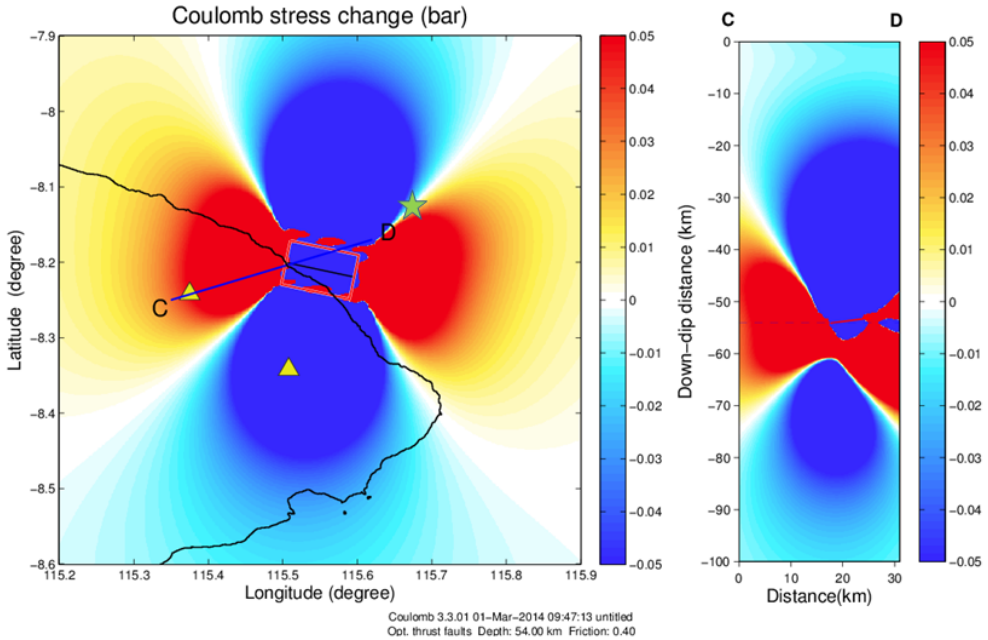
Pengaruh yang ditimbulkan oleh gempabumi yang berada di dekat Gunungapi aktif dapat direpresentasikan dalam statis dan dinamis stress. Gaya-gaya tersebut akan mempengaruhi labilitas dapur magma dan daerah sekitarnya. Walter dan Amelung (2007) menjelaskan bahwa deformasi pemanen memiliki peranan penting dalam meningkatkan tekanan dan

memicu erupsi Gunungapi, dan gempabumi tidak hanya dapat menentukan waktu erupsi tetapi juga dapat menentukan mekanisme struktur erupsi. Menurut (Nostro, dkk 1998) gempabumi dapat meningkatkan aktifitas erupsi dengan menekan dapur magma dan membuka saluran didekat permukaan yang memiliki arah bersesuaian.

Pemodelan pengaruh gempabumi terhadap erupsi yang dinyatakan oleh (Walter dan Amelung. 2007) menjelaskan bahwa pelarutan gas CO_2 dan H_2O yang mudah menguap dapat mempengaruhi densitas dan viscositas magma dalam jumlah besar, dan memiliki peran penting dalam memicu erupsi. Mekanisme yang menghasilkan magma bertekanan tinggi meliputi intrusi dan pencampuran magma dengan magma yang memiliki komposisi berbeda (Spark, dkk. 1977) dapat melepaskan sejumlah besar gas ke dalam reservoir dan menyebabkan ekspansi volumetrik (Eichelberger, 1980), nukleasi, pertumbuhan gelembung gas serta meningkatnya fase volatil melalui goncangan (Manga and Brodsky, 2006). Ekspansi volumetrik atau peningkatan magma basal mengacu pada pembentukan larutan CO2 padat yang mengurangi densitas dan viskositas magma yang mempercepat laju peningkatan gelembung gas dan magma, yang mana mempercepat laju penurunan tekanan, larutan padat yang lebih mudah menguap, dan ekspansi volume dari gas tersebut.

Intepretasi Coulomb Stress

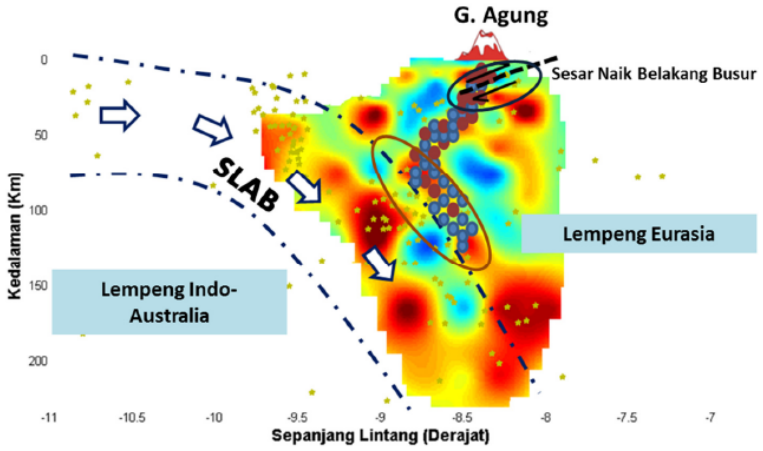
Hasil perhitungan coulomb stress dapat dimodelkan dengan gradien warna yang menunjukkan rentang nilai perubahan coulomb stress. Warna merah menunjukkan perubahan coulomb stress positif yang mengindikasikan bahwa daerah tersebut sedang mengalami gaya tekan, sedangkan daerah dengan gradien warna biru memberi gambaran bahwa daerah tersebut sedang mengalami relaksasi. Semakin mendekati warna merah maka gaya tekan yang diberikan semakin besar.



Gambar 1. Perubahan coulomb stress akibat gempabumi tanggal 18 Mei 1963 (kiri), irisan melintang CD Gempabumi tanggal 18 Mei 1963 (kanan).

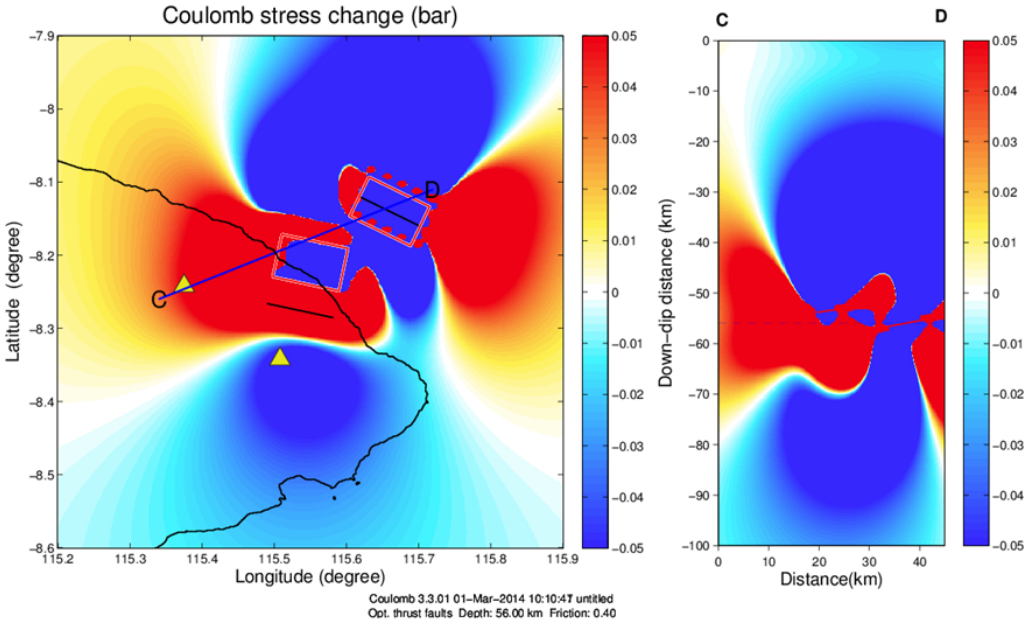
Lokasi dapur magma Gunungapi Batur yang relatif dekat dengan posisi patahan naik belakang busur memungkinkan hubungan yang saling mempengaruhi antara gempabumi dan erupsi. Kejadian gempabumi tanggal 18 Mei 1963 menghasilkan perubahan coulomb stress positif (0.05 bar) kearah Gunungapi Batur serta ke arah gempabumi tanggal 22 Mei 1963 (Gambar 1 kiri). Jika dilihat dari sayatan melintang CD, maka pada kedalaman 40 – 60 km terjadi perubahan coulomb stress positif (0.05 bar) dibawah Gunungapi Batur dan kearah hiposenter gempabumi tanggal 22 Mei 1963 (Gambar 1 kanan).

Irisan melintang hasil pencitraan tomografi (Gambar 2) pada kedalaman 35 km dan 45 km menunjukkan bahwa pada daerah tersebut mengindikasikan lokasi dapur magma Gunungapi Batur. Irisan vertikal yang melewati Gunungapi Batur ditemukan adanya anomali Vp dan Vs rendah pada kedalaman 120 km menuju Gunungapi Gunungapi Batur (Yadnya, dkk., 2012). Daerah dengan anomali rendah ini diinterpretasikan sebagai kemungkinan daerah migrasi magma dari slab yang menunjam ke lempeng benua.



Gambar 2. Irisan melintang pencitraan tomografi yang melewati gunungapi agung Batur (Yadnya, dkk 2012)

Dari hasil akumulasi coulomb stress gempabumi pertama dan kedua (gambar 3 kiri) menunjukkan adanya perubahan Coulomb stress positif (0.05 bar) kearah Gunungapi Batur. Jika dilihat dari hasil irisan melintang CD (gambar 3 kanan) pada kedalaman 30-70 km di bawah Gunungapi Batur terjadi perubahan coulomb stress positif (0.05 bar). Jika dibandingkan dengan hasil pencitraan tomografi yang diperoleh oleh Yadnya, dkk, maka indikasi ini menguatkan bahwa goncangan gempabumi doblet tahun 1963 menghasilkan deformasi statis dan mengganggu keseimbangan dapur magma Gunungapi Batur sehingga terjadi erupsi Gunungapi Batur empat bulan setelahnya. Kondisi tekto-vulkanik yang masih labil mengakibatkan ekstrusi magma yang terus menerus mendapat tekanan yang menyebabkan dapur magma penuh dan menimbulkan tekanan naik.



Gambar 3. Perubahan coulomb stress akibat gempabumi doblet tanggal 18 dan 22 Mei 1963 (kiri), irisan melintang CD Gempabumi doblet (kanan)

KESIMPULAN

Gempabumi tanggal 18 Mei 1963 menghasilkan perubahan coulomb stress positif ke arah Gunungapi Batur dan gempabumi tanggal 22 Mei 1963. Irisan melintang yang membelah Gunungapi Batur dan gempabumi doblet tersebut menghasilkan perubahan coulomb stress positif, di bawah Gunungapi Batur dan jika dibandingkan dengan hasil pencitraan tomografi maka perubahan coulomb stress positif berada pada daerah partial melting dari Gunungapi Batur.

Kondisi seperti ini perlu menjadi perhatian bagi masyarakat di daerah Bali mengingat Bali merupakan daerah tujuan utama pariwisata di Indonesia. Perlu diwaspadai beberapa aktifitas seismik dapat mempengaruhi aktifitas Gunungapi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Global CMT, atas data mekanisme fokal yang diberikan serta kepada USGS, dan BMKG atas data gempabumi yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

C Centroid Moment Tensor. http://www.globalcmt.org, diakses pada 14 April 2014.

Eggert, S.,T. R. Walter. 2009. Volcanic Activity Before and After Large Tectonic Earthquakes: Observations and statistical significance, Tectonophysics xxx (2009) xxx–xxx

Eichelberger, J.C., 1980, Vesiculation of Mafic Magma During Replenishment of Silicic Magma Reservoirs: Nature, v. 288, p. 446–450, doi: 10.1038/288446a0.

Ge, S., and S. C. Stover. 2000. Hydrodynamic Response to Strike And Dip Slip Faulting in a Half Space. J. Geophys. Res., 105, 25,513–25,524, doi:10.1029/2000JB900233.

King, dkk. 1994. Static Stress Changes and The Triggering of Earthquake. Bull. Seismol. Soc. Amer., 84, pp. 935-953.

Hamilton, W., 1979, Tectonic of the Indonesian Region. U.S. Geological Survey Profesional Paper 1078, 345 pp.

Lara LE, Naranjo JA, Moreno H. 2004. Rhyodcacitic fissure eruption in Southern Andes (Cordon Caulle; 40.5 degrees S) after the 1960 (Mw: 9.5) Chilean earthquake: a structural interpretation. J. Volcanol. Geotherm. Res. 138:127–38

Lipman PW, Lockwood JP, Okamura RT, Swanson DA, Yamashita KM. 1985. Ground deformation associated with the 1975 magnitude-7.2 earthquake and resulting changes in activity of Kilauea volcano 1975-1977. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1276, 45 pp.

McCaffrey. R., J.Nabelek, 1987. Earthquake, Gravity, and the Origin of Bali Basin, an Example of a Nascent Continental Fold and thrust belt. Jour. of Geoph. Res. Vol. 92, No. 81, pp.441 – 460.

Manga M, Brodsky E. 2006. Seismic Triggering of Eruptions in the Far Field: Volcanoes and Geysers. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2006.34:263-291.

Negara, Pratama, 2013. Hubungan antara Gempabumi dengan Erupsi Gunungapi; Studi Kasus Erupsi Gunung Sinabung Tahun 2010 dan 2013. Buletin Megasains Vol. 4 No. 3 – Desember 2013.

Silver,E.A., Breen, N.A. and H. Prasetyo, 1986, Multibeam Study of the Flores BackArc Thrust Belt, Indonesia. Journal of Geophysical Research, Vol. 91, No. B3, pp. 3489-3500.

Sparks, R.S.J., Sigurdsson, H., and Wilson, L. 1977. Magma Mixing; A Mechanism for Triggering Acid Explosive Eruptions: Nature, v. 267, p. 315–318, doi: 10.1038/267315a0.

Trenggoning, P., F. K. Brunner, Y. Bock, S. S. O. Puntodewo, R. McCaffrey, J. F. Genrich, E. Calais, J. Rais, dan C. Subarya, 1994, First geodetic measurement of convergence across the java Trench, Geophys, Res.lett.,21,2135-2138

Voight, B., E. K. Constantine, S. Siswowidjoyo, and R. Torley. 2000 .Historical eruptions of Merapi volcano, Central Java, Indonesia, 1768–1998. J. Volcanol. Geotherm. Res., 100(1– 4), 69– 138.

Walter, T.R., Amelung, F., 2007. Volcanic Eruptions Following M9 Megathrust Earthquakes: Implications for the Sumatra–Andaman Volcanoes. Geology 35 (6), 539–542.

Yadnya, dkk 2012. Pencitraan Struktur 3-D Vp, Vs, Rasio Vp/Vs Menggunakan Tomografi Double Difference di Wilayah Bali. J. Geofisika Vol. 13 No.1/2012

ISSN 2086-5589
megAsains
Vol. 6 No. 3 / Desember 2015

SIMULASI ANGIN KENCANG DI BANDARA INTERNASIONAL LOMBOK DENGAN MODEL WRF TANGGAL 15 MARET 2012

Annisa Fauziah

ABSTRACT

On March, 15th 2012 a strong winds occured in Lombok International Airport (BIL). The wind blowing at a speed over 35 knots at 14.00 pm until 15.00 pm where it is very disturbing the airlines activities and also damaging the infrastructures in the airport. To illustrate the strong winds in BIL and to know the reliability of the model, then the simulation with methods observation and experimental by WRF-ARW version 3.1 had to do. In this study, radiation scheme was tested toward wind speed to get the best scheme. After that, running the FNL data by the best scheme and also for the GFS data prediction to get the output to be analyzed. WRF-ARW output showed indicate that strong winds that occurred on March 15, 2012 in BIL due to a low pressure area in the South Indian Ocean of Lombok Island. The result showed that the best radiation scheme is RRTM-Dudhia with correlation value is 0,5 and RMSE value is 5,4. The model can illustrated the strong wind event very well, that can be seen by the output of the model either FNL or GFS data don't have a big difference value with the observation data.The wind speed of the model is about 40 knots that almost same as the observation data.

Keywords: *extreme weather, strong wind, WRF.*

ABSTRAK

Pada tanggal 15 Maret 2012 terjadi peristiwa angin kencang di Bandara Internasional Lombok (BIL) dengan kecepatan lebih dari 35 knot pada pukul 14.00 WITA hingga 15.00 WITA. Hal ini sangat mengganggu aktifitas penerbangan serta merusak infrastruktur di wilayah bandara. Untuk menggambarkan angin kencang di BIL serta mengetahui sejauh mana kehandalan model, maka dilakukan kajian dengan metode eksperimental dengan model WRF-ARW versi 3.1, serta dilakukan uji skema radiasi terhadap kecepatan angin permukaan untuk mendapatkan skema radiasi terbaik, kemudian me-running data FNL dengan skema terbaik tersebut serta melihat hasil prediksi dengan me-running data GFS. Hasil luaran model WRF-ARW menunjukkan bahwa angin kencang yang terjadi pada tanggal 15 Maret 2012 di BIL disebabkan karena adanya pusat tekanan rendah di Samudera Hindia Selatan Pulau Lombok. Skema radiasi terbaik adalah skema RRTM-Dudhia dengan nilai korelasi 0,5 dan RMSE 5,4. Model WRF-ARW mampu menunjukkan dengan baik kejadian angin kencang di BIL tanggal 15 Maret 2012, hal ini terlihat pada produk keluaran arah dan kecepatan angin permukaan, yang memiliki nilai tidak jauh berbeda antara model analisis maupun prediksi dengan hasil observasi. Angin permukaan diprakirakan mencapai 40 knot, dimana hal tersebut hampir sesuai dengan data observasi.

kata kunci: Angin Kencang, Cuaca Ekstrim, WRF.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Stasiun Meteorologi Selaparang
Email: bosanis.fauziah@gmail.com

PENDAHULUAN

Pada tanggal 15 Maret 2012 lalu terjadi peristiwa angin kencang di Bandara Internasional Lombok (BIL). Sepanjang hari angin bertiup dengan kecepatan lebih dari 20 knot. Pada puncaknya angin kencang bertiup dengan kecepatan lebih dari 35 knot atau 65 km/jam yang terjadi pada pukul 14.00 WITA hingga 15.00 WITA dimana hal ini sangat mengganggu aktifitas penerbangan serta merusak infrastruktur diwilayah bandara.

Analisis terhadap suatu kejadian fenomena cuaca ekstrim merupakan langkah awal untuk dapat memprediksikan suatu cuaca ekstrim kedepannya sehingga dapat mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan (Lubis, 2007). Model WRF-ARW (Weather Research and Forecasting-Advance Research WRF) versi 3.1 merupakan salah satu model regional yang saat ini banyak dikembangkan oleh kalangan ahli meteorologi dunia. Berdasarkan penelitian Listiaji (2007), model WRF-ARW ini cukup baik digunakan untuk Kajian curah hujan di pulau Lombok.

Pada penelitian ini, penulis ingin melihat sejauh mana performa WRF-ARW dalam menggambarkan peristiwa angin kencang di Bandara Internasional Lombok pada tanggal 15 Maret 2012 dengan menggunakan model WRF-ARW versi 3.1. Penggunaan model WRF-ARW diharapkan dapat digunakan untuk menganalisis dan memprakirakan fenomena atmosfer yang terjadi di suatu daerah yang tidak memiliki stasiun pengamatan cuaca.

TINJAUAN PUSTAKA

Weather Research And Forecasting (WRF)

WRF salah satu model prediksi cuaca numerik skala meso yang digunakan secara luas dalam prediksi cuaca di seluruh dunia. Model WRF-ARW memberikan beberapa kemampuan yang lebih baik dibandingkan model cuaca lainnya serta menawarkan kombinasi bermacam–macam opsi fisis. Jenis opsi fisis yang ditawarkan dari yang mudah dan efisien hingga yang canggih dari skema yang baru dikembangkan hingga skema yang sudah terbukti baik.

WRF-ARW merupakan salah satu model NWP dimana didalamnya terdapat sekumpulan system persamaan matematis komputer yang merepresentasikan secara numerik proses pembentukan cuaca di atmosfer.

Parameterisasi

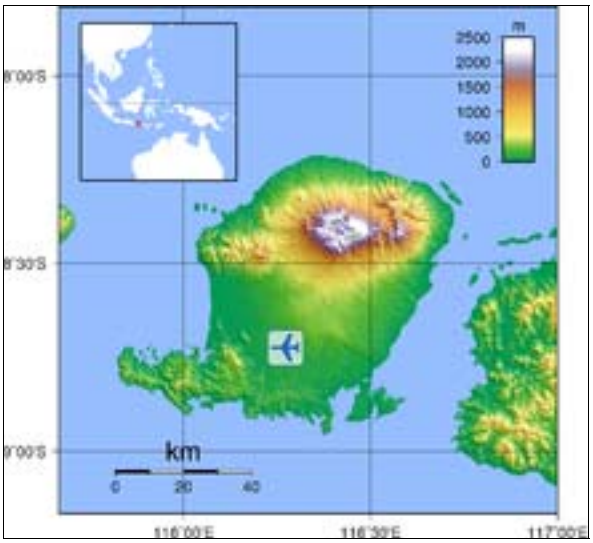
Parameterisasi merupakan cara untuk menghitung efek yang ditimbulkan oleh suatu proses tanpa memodelkan langsung proses tersebut (Tri Hadi Wahyudi, 2011). Pada penelitian ini akan dilakukan parameterisasi dengan dua opsi radiasi yang berbeda, yaitu skema radiasi gelombang panjang dan skema radiasi gelombang pendek. Tujuan dari parameterisasi transfer radiasi adalah untuk menghitung jumlah radiasi gelombang pendek dan gelombang panjang untuk kondisi bersih dan/atau berawan yang berpengaruh terhadap parameter cuaca seperti suhu permukaan, tekanan udara, dan angin.

Skema parameterisasi radiasi yang sesuai di Amerika berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Barker (2010) adalah skema radiasi gelombang panjang Rapid Radiative Transfer Model (RRTM) (Mlawer dkk, 1997) dan skema radiasi gelombang pendek Dudhia (Dudhia, 1989).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Daerah penelitian meliputi Pulau Lombok yakni 115ºBT -117ºBT dan 7,75ºLS-9ºLS, khususnya pada titik kejadian di Stasiun Meteorologi Selaparang-Bandara Internasional Lombok (116,17ºBT dan 8,45ºLS).



Gambar 1. Peta pulau Lombok
(Sumber: http://en.wikipedia.org)

Tabel 1. Konfigurasi model WRF yang digunakan

Konfigurasi	Domain 1	Domain 2
Resolusi Grid Horizontal	21 km	7 km
Skema mikrofisik	WSM3	WSM3
Skema PBL	MRF	MRF
Skema Parameterisasi Kumulus	Kain-Fritsch	Kain-Fritsch
Skema Radiasi Gelombang Panjang	*RRTM, CAM*	
Skema Radiasi Gelombang Pendek	*Dudhia, CAM*	
Level Vertikal	28 lapisan	

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
1. Data *Final Analysis* [*Final Global Data Assimilation System* (FNL)]
Data FNL memiliki resolusi 1^{o}x1^{o} (± 111 km) dengan format data WMO GRIB2. Data-data tersebut tersedia dalam 6 jam-an untuk waktu 00Z, 06Z, 12Z dan 18Z tiap hari. Data ini digunakan sebagai syarat awal dan batas model (Trilaksono, 2007). Data FNL yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *reanalisys* tanggal 14-16 Maret 2012.
2. Data GFS (*Global Forecasting System*)
Data GFS digunakan untuk input model WRF, sebagai nilai awal *(initial condition)* dan nilai batas *(boundary conditions)* dengan resolusi spasial awal 0,5 derajat (± 55 Km) dan resolusi temporal awal 3 Jam. Data GFS yang digunakan adalah data tanggal 15 Maret 2014 yang diunduh melalui situs http://nomads.ncdc.noaa.gov.
3. Data Observasi
Data Observasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *riil* pengamatan sinoptik angin permukaan tiap jam dari tahun 2012 hingga 2014 dari Stasiun Meteorologi Selaparang-BIL.

Metodologi

Metode penelitian yang digunakan disini adalah metode eksperimental, dimana dalam menentukan skema konfigurasi terbaik terlebih dahulu diadakan percobaan dengan

berbagai kombinasi skema radiasi yang ada untuk menentukan skema terbaik. Tahapan dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap.

Tahapan-tahapan tersebut sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data pengamatan cuaca permukaan (sinoptik) dari Stasiun Meteorologi Selaparang-BIL pada sebelum, sesaat, dan sesudah kejadian, 14-16 Maret 2012.
2. Mendownload data FNL dan GFS untuk tanggal 14-16 Maret 2013 selama 72 jam.
3. Membuat angin permukaan rata-rata bulan Maret tahun 2012-2014 dengan WRPLOTView.
4. *Running* WRF

   a. Dalam tahapan ini, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan domain. Penelitian ini menggunakan 2 domain (21 km dan 7 km) dengan titik poin berada di Stasiun Meteorologi Selaparang-BIL.

Gambar 2. Domain penelitian

   b. Menyelesaikan tahapan *pre-processing* pada WRF-Processing (WPS), yakni geogrid, ungrib, dan metgrid.

   c. Setelah ketiga tahap tersebut selesai, maka tahap selanjutnya adalah proses numerik dalam WRF dimana dalam proses ini persamaan-persamaan fisis mulai digunakan. Tahap ini meliputi proses **real.exe** dan **wrf.exe**.

   d. Untuk tahapan *Post-Processing* digunakan ARWpost untuk mengubah data menjadi format .dat dan .ctl, proses analisis dilakukan dengan men-*display* data .ctl pada software Grads 2.0.

   Konfigurasi WRF dalam penelitian ini tercantum pada tabel 1 yang menunjukkan konfigurasi yang kemungkinan cocok digunakan dalam menjalankan model WRF.

Tabel 2. Konfigurasi skema parameterisasi radiasi yang diuji

Skema	Radiasi Gelombang Panjang	Radiasi Gelombang Pendek
1	RRTM	Dudhia
2	RRTM	CAM
3	CAM	CAM
4	CAM	Dudhia

5. Melakukan uji skema terbaik dengan menggunakan luaran WRF-ARW yang berkaitan dengan kejadian angin kencang kemudian membandingkan data observasi permukaan dengan data luaran WRF-ARW menggunakan metode statistik sederhana yakni dengan mencari nilai Korelasi dan RMSE (*Root Mean Square Error*) sehingga diperoleh skema radiasi yang sesuai dalam penelitian ini.

Adapun menurut Murray R. Spiegel (2008) rumus korelasi ditulis sebagai berikut:

$$r = \frac{(n\sum xy)\ (\sum x \cdot \sum y)}{\sqrt{(n\sum x^2-(\sum x)^2)(n\sum y^2-(\sum y)^2)}} \quad (3.1)$$

Dimana r merupakan korelasi dengan x, y merupakan variabel yang dibandingkan dengan x adalah nilai observasi dan y adalah nilai luaran model dan n menunjukkan banyaknya data.

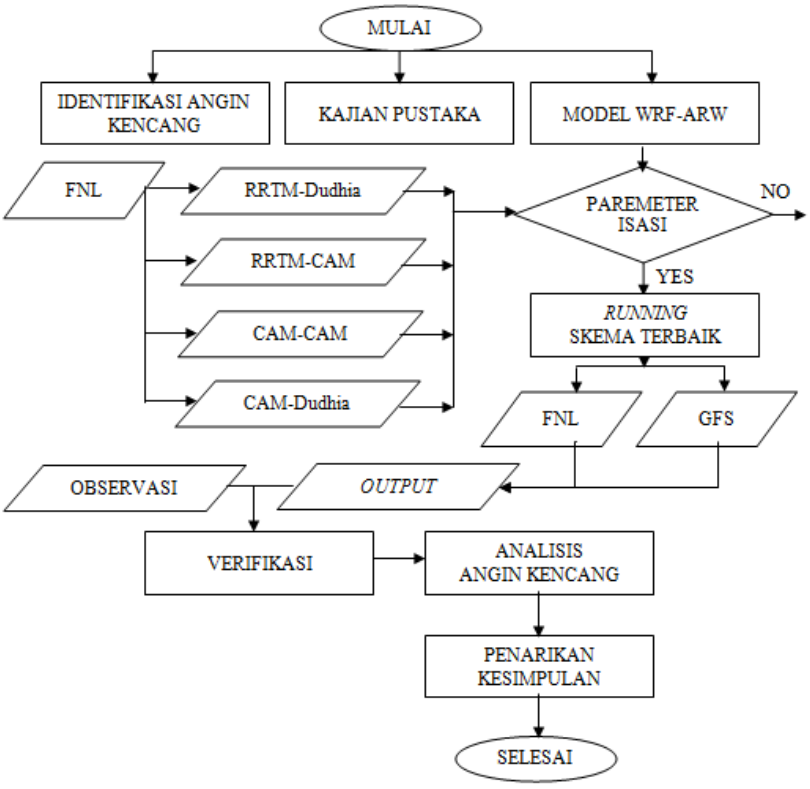
Sedangkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) dihitung untuk mendapatkan nilai yang memiliki error/kesalan paling kecil bila dibandingkan dengan hasil observasi. Menurut WMO (2012), RMSE sering digunakan untuk menampilkan akurasi dari prakiraan dan ditulis dengan persamaan berikut.

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum(F-O)^2}{N}} \quad (3.2)$$

Dimana N merupakan banyaknya data F luaran model dan O nilai hasil observasi. Jika RMSE mendekati 0, artinya nilai yang dibandingkan (nilai hasil luaran model) mendekati dengan nilai yang sebenarnya (hasil observasi). Untuk model yang sempurna mendekati hasil observasi adalah model yang nilai RMSE nya 0.

6. Me-*running* data GFS dengan skema terpilih untuk melihat bagaimana hasil dari Forecasting dengan model WRF-ARW.
7. Menganalisis kondisi atmosfer pada saat kejadian angin kencang dengan skema terpilih.
8. Menarik kesimpulan.

Berikut ini adalah diagram alir penelitian:

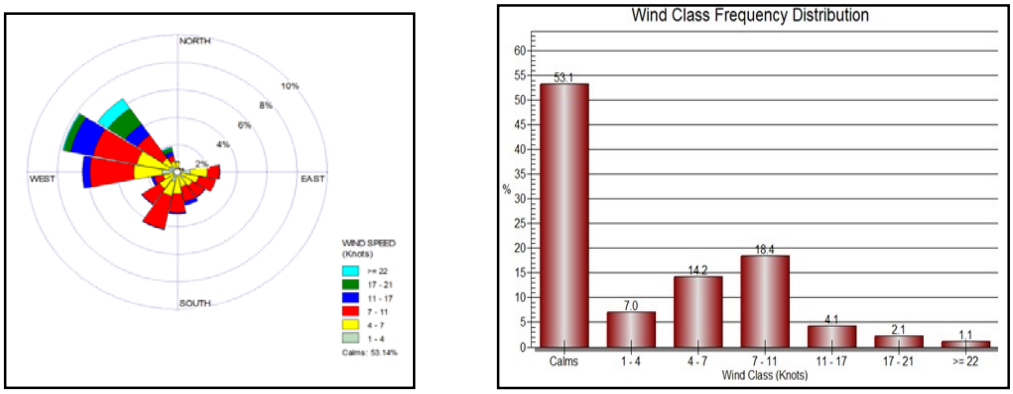


Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Klimatologis Angin Permukaan

Gambar Windrose dibawah ini menunjukkan arah dan kecepatan angin yang paling dominan pada bulan Maret.



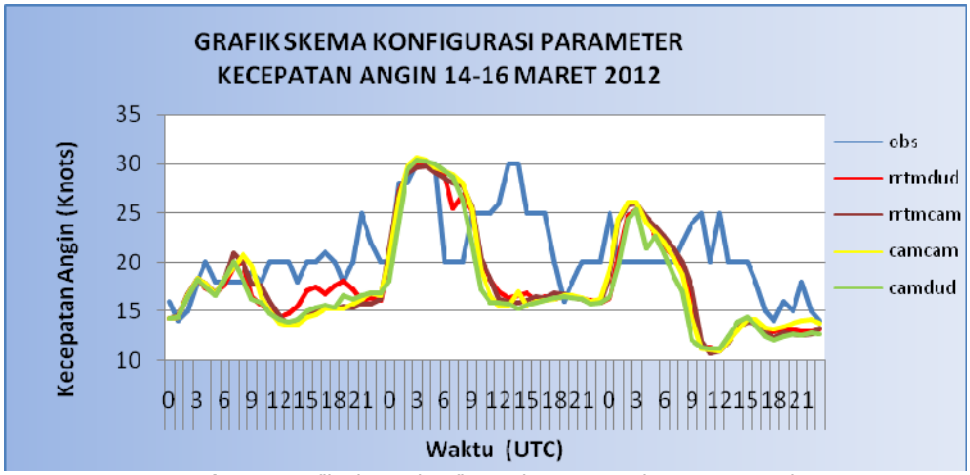
Gambar 4.(a) Windrose angin permukaan bulan Maret 2012-2014,(b) Grafik distribusi frekuensi kecepatan angin rata-rata permukaan

Terlihat angin permukaan pada bulan Maret dominan bertiup dari arah Barat hingga Barat Laut, sedangkan kecepatan angin dominan berada pada rentang 7 hingga 11 knot atau sekitar 14 hingga 22 km/jam.

Berdasarkan data observasi Stamet Selaparang-BIL tahun 2012 hingga 2014 dibuat grafik Frekuensi Distribusi kecepatan angin permukaan, terlihat bahwa frekuensi angin *Calm* sebanyak 53,1%, hal ini terjadi dikarenakan kondisi angin pada malam hingga pagi dini hari cenderung melemah. Kecepatan angin pada rentang 7 hingga 11 knot adalah terbanyak kedua yakni berkisar pada 18,4%. Untuk kecepatan angin dari 11 hingga 17 knot sebanyak 4,1% sedangkan kecepatan angin diatas 22 knot atau diatas 44 km/jam pada bulan Maret memiliki frekuensi 1,1% dapat dilihat bahwa frekuensi angin kencang diatas 22 knot dari tahun 2012 hingga 2014 merupakan frekuensi kejadian terkecil di Bandara Internasional Lombok

Uji Skema Parameterisasi

Sebelum melakukan *running* suatu model, maka perlu adanya uji terhadap skema parameterisasi untuk memperoleh skema terbaik. Berikut ini adalah grafik *time series* laju angin permukaan di Stasiun Meteorologi Selaparang-Bandara Internasional Lombok (BIL) sebagai hasil verifikasi data hasil Kajian oleh model WRF-ARW degan konfigurasi skema radiasi yang berbeda-beda.

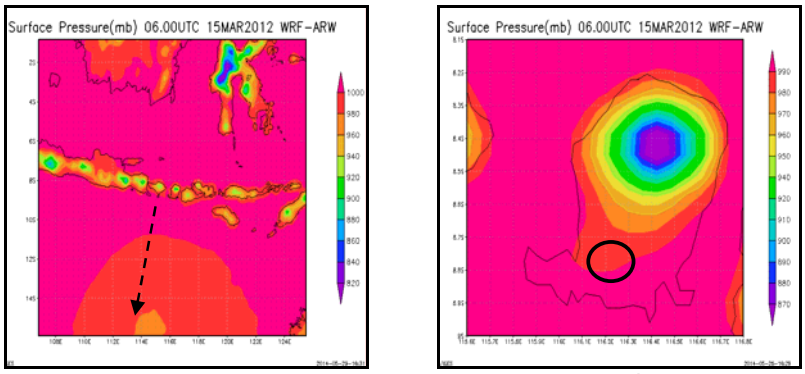


Gambar 5. Grafik skema konfigurasi parameter kecepatan angin

Pada grafik diatas, terlihat bahwa tiap tiap konfigurasi skema dapat menggambarkan laju angin permukaan dengan cukup baik. Tidaklah begitu mencolok perbedaan dari tiap-tiap skema model namun berdasarkan uji statistik secara sederhana didapatkan nilai korelasi

tiap-tiap skema terhadap data observasi yakni skema RRTM-Dudhia dimana skema radiasi gelombang panjang yaitu skema RRTM (*Rapid Radiative Transfer Model)* dan skema radiasi Gelombang pendek Dudhia dengan nilai korelasi 0,5 sedangkan untuk skema RRTM-CAM, CAM-CAM dan CAM-Dudhia, memiliki nilai korelasi 0,4 terhadap data observasinya. Nilai RMSE Skema RRTM-Dudhia memiliki RMSE terkecil yakni 5,4 sedangkan untuk skema RRTM-CAM bernilai 5,7 dan untuk skema CAM-CAM bernilai 5,8 dan skema CAM-Dudhia RMSE bernilai 5,9. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kasus kajian angin kencang ini skema radiasi yang paling baik untuk digunakan adalah skema RRTM-Dudhia.

Analisis Angin Dengan Skema RRTM-Dudhia
Analisis Tekanan Udara Permukaan



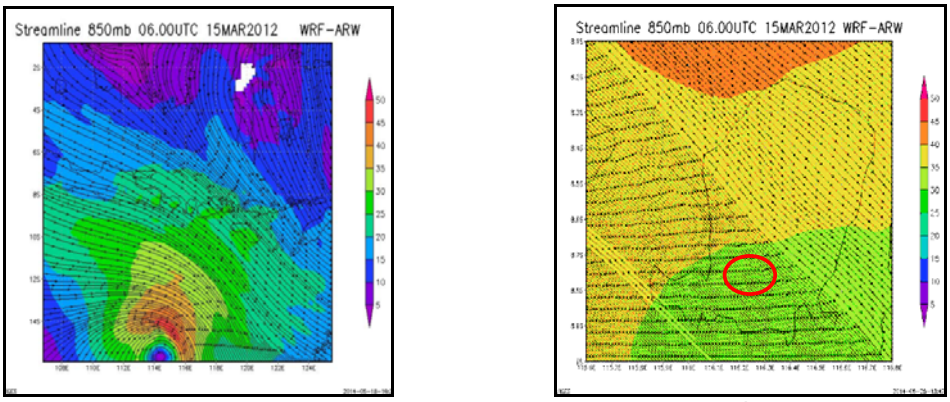
a. b.

Gambar 6. (a) dan (b) Tekanan udara permukaan luaran WRF-ARW

Berdasarkan gambar 6 (a) hasil analisis luaran WRF-ARW pada tanggal 15 Maret 2012 pada jam 06.00 UTC dengan resolusi 21 km terlihat adanya pusat tekanan rendah di Samudera Hindia sebelah Selatan Pulau Lombok. Tercatat di BMKG pada tanggal 15 Maret 2012, terdapat Siklon Tropis Lua di Samudera Hindia Selatan Pulau Lombok. Pusat tekanan rendah tersebut mencapai 980 mb pada permukaannya. Hal ini berpotensi menimbulkan dampak pada kondisi angin di atas Pulau Lombok. Angin bertiup dari tekanan tinggi menuju tekanan rendah, perbedaan tekanan ini berpotensi menyebabkan udara tertarik kuat menuju pusat tekanan rendah.

Gambar 6 (b) menunjukkan tekanan udara permukaan luaran WRF-ARW dengan resolusi 7 km. Terlihat tekanan udara permukaaan di Pulau Lombok diatas 990 mb kecuali di sekitaran Gunung Rinjani (3.726 mdpl) dimana tekanan udaranya yang cenderung rendah. Tekanan Udara diatas Pulau Lombok lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara di Samudera Hindia Selatan Lombok, hal ini mengindikasikan adanya perbedaan tekanan yang cukup tinggi yang menyebabkan massa udara bergerak menuju pusat tekanan rendah di Selatan Lombok.

Analisis *Streamline*



a. b.

Gambar 7. (a) dan (b) *Streamline* luaran WRF-ARW

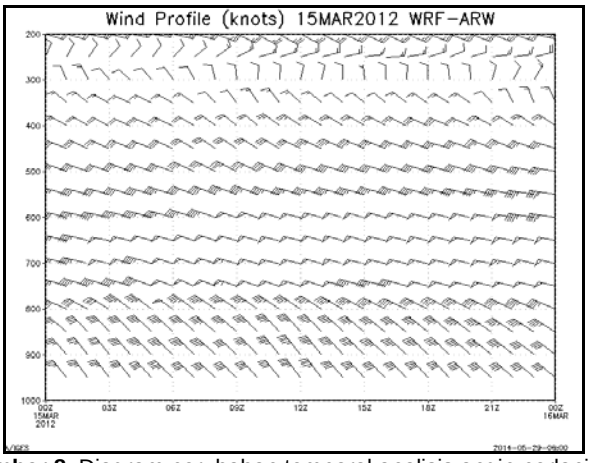
Gambar 7(a) merupakan gambar analisis *streamline* lapisan 850 mb luaran WRF-ARW dengan resolusi 21 km. Gambar 7(b) menunjukkan analisis *streamline* lapisan 850 mb luaran WRF-ARW dengan resolusi 7 km, terlihat adanya pola yang sama pada kedua streamline tersebut.

Angin yang bertiup di atas Pulau Lombok dari arah Barat Laut, terlihat adanya pusaran angin di Samudera Hindia selatan Lombok dengan kecepatan angin berkisar 30 hingga 50 knot atau sekitar 60 hingga 100 km/jam. Terlihat adanya pusaran angin dimana pada pusatnya kecepatan angin lemah, hal ini mengindikasikan adanya pusat tekanan rendah pada tanggal 15 Maret 2012.

Analisis Angin Perlapisan

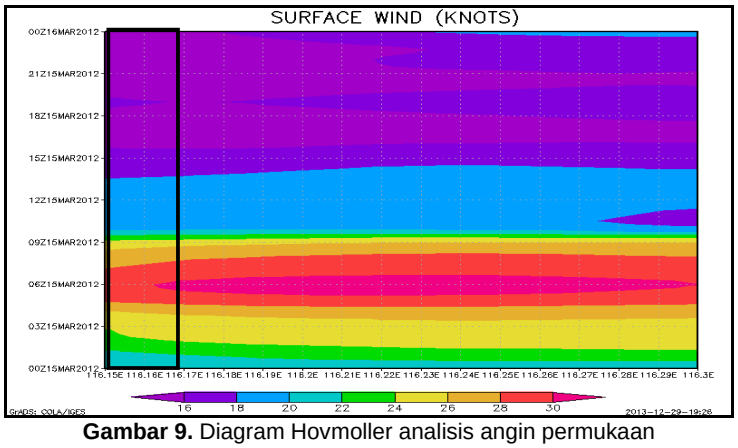
Dari hasil analisis diagram perubahan waktu untuk arah dan kecepatan angin perlapisan terlihat bahwa arah angin pada lapisan 950 hingga 850 mb angin bertiup dari arah barat laut. Pada pagi hari kecepatan angin berkisar antara 35-40 knot, kecepatan ini semakin bertambah dari siang hingga malam hari, angin berhembus dengan kecepatan 40-45 knot atau sekitar 80-90 km/jam.

Pada lapisan 750 hingga 600 mb angin bertiup dari arah barat dengan kecepatan mencapai 50 knot, sedangkan pada lapisan 550 hingga lapisan 350 mb kecepatan angin berangsur-angsur menurun hingga 15 knot. Pada lapisan 300 hingga 200 mb arah angin dari utara hingga timur dengan kecepatan angin berkisar antara 10 hingga 25 knot.



Gambar 8. Diagram perubahan temporal analisis angin perlapisan

Analisis Hovmoller Kecepatan Angin Permukaan



Gambar 9. Diagram Hovmoller analisis angin permukaan

Terlihat bahwa kecepatan angin dari pukul 00.00 UTC hingga pukul 05.00 UTC kecepatan angin di pagi hari sudah bertiup cukup kencang berkisar 20 knot hingga 28 knot dan meningkat lagi dari pukul 05.00 UTC hingga pukul 07.00 UTC angin yang mencapai lebih dari 30 knot. Berdasarkan grafik diatas hasil luaran WRF-ARW menunjukkan nilai kecepatan angin pada saat kejadian angin kencang pada tanggal 15 Maret 2012 pukul 06.00 UTC menunjukkan nilai 30 knot, sama dengan yang ditunjukkan hasil observasi dapat diketahui bahwa perbandingan nilai kecepatan angin permukaan dengan data observasi cukup baik. Keduanya memiliki pola variasi yang hampir sama.

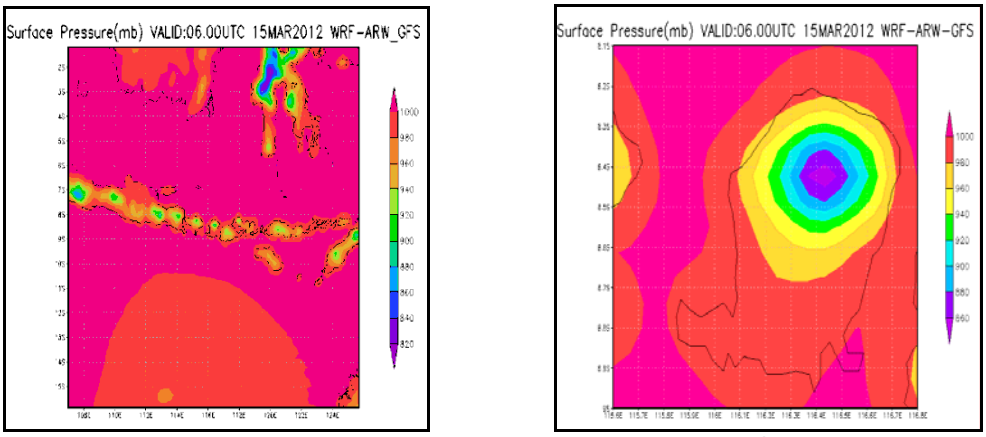
Berikut adalah diagram temporal kecepatan angin permukaan hasil luaran WRF-ARW pada tanggal 15 Maret 2012.

Prakiraan Angin Dengan Skema *RRTM-Dudhia*

Setelah didapatkan uji skema radiasi terbaik, serta me-*running* data *reanalisys* dalam hal ini penulis melakukan perilaku yang sama terhadap data GFS untuk mengetahui bagaimana hasil daripada prakiraan angin pada inisial waktu jam 00.00 UTC tanggal 15 Maret 2012. Adapun hasil luaran prakiraan menggunakan model WRF-ARW adalah sebagai berikut:

Prakiraan Tekanan Udara Permukaan

Berdasarkan hasil prakiraan luaran WRF-ARW pada jam 06.00 UTC terlihat adanya pusat tekanan rendah di Samudera Hindia selatan Lombok yang mencapai 980 mb. Sementara tekanan udara permukaan di kawasan Lombok bagian Tengah (BIL) diprakirakan berkisar 990 higga 1000 mb. Perbedaan tekanan inilah yang mengindikasikan adanya gerakan udara dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan rendah yang menimbulkan angin kencang.

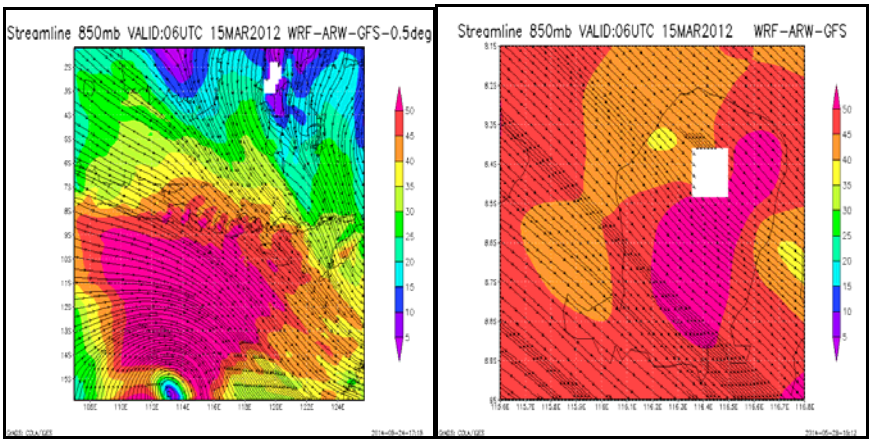


a. b.

Gambar 10. (a) dan (b) Prakiraan tekanan permukaan

Prakiraan *Streamline*

Dari hasil luaran WRF-ARW streamline 850 mb dengan menggunakan data GFS diperoleh kondisi prakiraan arah dan kecepatan angin yakni dari arah barat laut dengan kecepatan berkisar antara 40 hingga 50 knot pada jam 06.00 UTC di wilayah Bandara Internasional Lombok. Terlihat adanya pusaran angin di Samudera Hindia sebelah selatan Pulau Lombok. Hal ini mengindikasikan adanya pusat tekanan rendah.

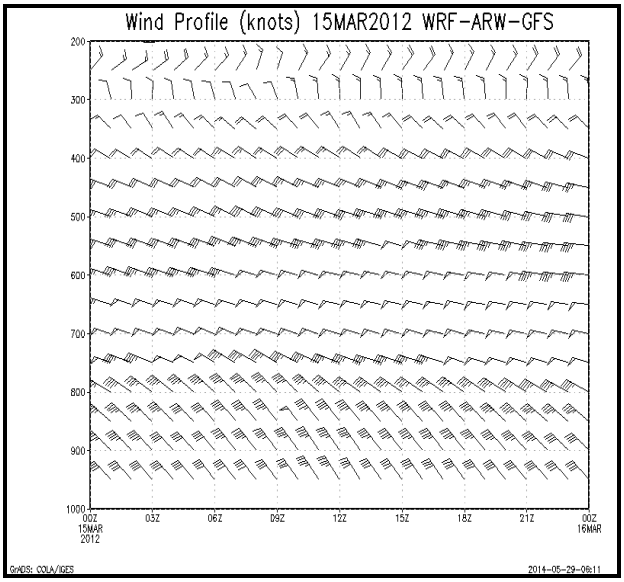


a. b.

Gambar 11. (a) dan (b) Prakiraan angin 850mb

Prakiraan Angin Perlapisan

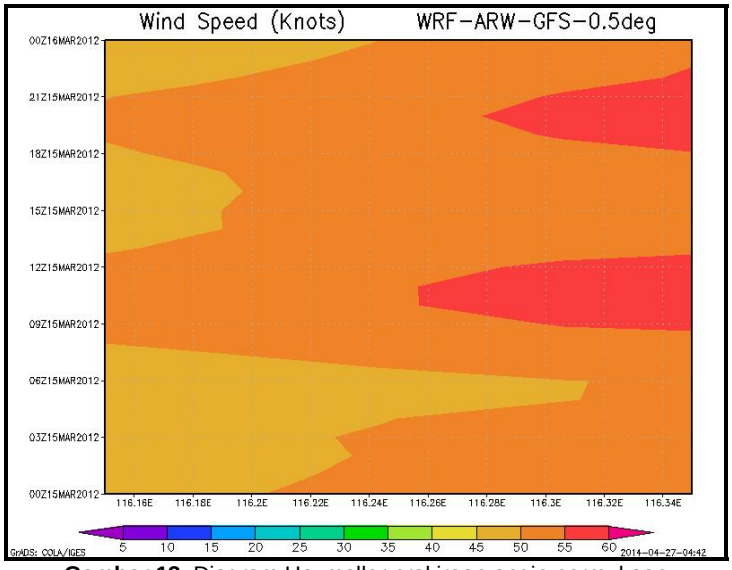
Dari diagram perubahan waktu untuk angin perlapisan, terlihat bahwa di prakirakan angin pada lapisan 950mb hingga 850mb berkisar antara 40 hingga 45 knot, sedangkan profil angin di lapisan 750 hingga 650 mb kecepatan angin berkisar 45 hingga 50 knot. Hal ini mengindikasikan pada tanggal 15 Maret 2012 sepanjang hari angin bertiup kencang dari lapisan bawah hingga lapisan atas.



Gambar 12. Diagram perubahan temporal prakiraan angin perlapisan

Prakiraan Hovmoller Kecepatan Angin Permukaan

Berikut dibawah ini adalah diagram temporal prakiraan kecepatan angin permukaan hasil luaran WRF-ARW pada tanggal 15 Maret 2012 di wilayah Bandara Internasional Lombok. Angin permukaaan diprakirakan bertiup dengan kecepatan berkisar 40 knot pada jam 00.00 UTC hingga jam 07.00 UTC sedangkan pada jam 08.00 UTC diprakirakan kecepatan angin meningkat hingga 50 knot. Pada jam 13.00 UTC kecepatan angin diprakirakan berkisar 40 knot dan kembali meningkat mencapai 50 knot pada jam 18.00 UTC.



Gambar 13. Diagram Hovmoller prakiraan angin permukaan

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis output WRF-ARW, angin kencang di BIL pada tanggal 15 Maret 2012 disebabkan karena adanya Pusat Tekanan Rendah di Samudera Hindia Selatan Lombok.
2. Berdasarkan hasil uji skema paremeterisasi radiasi, diperoleh skema radiasi terbaik untuk kecepatan angin di Bandara Internasional Lombok yaitu skema RRTM-Dudhia yang ditunjukkan dengan nilai korelasi terbesar sebesar 0,5 dan nilai RMSE terkecil sebesar 5,4.
3. Model WRF-ARW mampu menggambarkan dengan baik kejadian angin kencang di Bandara Internasional Lombok tanggal 15 Maret 2012, hal ini terlihat pada produk keluaran arah dan kecepatan angin permukaan, tekanan udara yang memiliki nilai tidak jauh berbeda antara model analisis maupun prediksi dengan hasil observasi.
4. Berdasarkan hasil running data GFS, model WRF-ARW dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat prakiraan cuaca, hal ini terlihat dari hasil running pada tanggal 15 Maret 2012 di Bandara Internasional Lombok, angin permukaan diprakirakan mecapai 40 knot, dimana hal tersebut hampir sesuai dengan data obeservasi, sehingga prakirawan dapat mengeluarkan warning/peringatan dini bagi pengguna jasa maupun masyarakat sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

Ahrens C. Donald*, Meteorology Today, 9th Edition,* 2009.

Anzhar, Kurnia. *Kajian lapisan Batas Planeter Berdasarkan Hasil Kajian model Meteorologi Skala Meso*. Institut Teknologi Bandung. 2006.

ARW Version 3 Modeling System User's Guide January 2010.

Baker, D., T. Downs, Mike Ku, W. Hao, Gopal S., M. Kiss, Matt J., D. Brown. 2010. Sensitivity Testing of WRF Physics Parameterizations for Meteorological Modeling and Protocol in Support of Regional SIP Air Quality Modeling in the OTROTC. *WRF Protocol* 3/11/10.

BMKG. (2010). *Keputusan No.009 Tentang Prosedur Standart Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi cuaca ekstrim*. BMKG: Jakarta.

Dudhia, J., 1989: Numerical study of convection observed during the winter monsoon experimentusing a mesoscale two-dimensional model, *J. Atmos. Sci*., 46, 3077–3107.

Fithra M.S,Zeki.2009.*Kajian Puting Beliung Indonesia (Studi Kasus Kajian Puting Beliung Kediri Desember 2007 dengan menggunakan Model WRF).* Program Studi Meteorologi,Skripsi , FITB ITB, Bandung.

Holton, J. R.. 2004. *An Introduction to Dynamic Meteorology 4th Edition*. Elsevier Academic Press, USA.

Kalnay, E. 2003. *Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability*. Cambridge University Press, Cambridge.

Listiaji, Eko. *Kajian Curah Hujan di Atas Pulau Lombok Studi Kasus Bulan Januari 2007*.Institut Teknologi Bandung.2009.

Lutgens et.al. *The Atmosphere, 8th Edition*, 2001.

Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono, and S. A. Clough, 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated k-model for the longwave. *J. Geophys. Res.,* 102 (D14), 16663–16682.

Mooney, P.A, F. J. Muligan, R. Fealy. 2013. Evaluation of the Sensitivity of the Weather Research and Forecasting Model to Parameterization Schemes form Regional Climates of Europe over the Period 1990–95. *Journal of Climate*, 26, pp. 1002-1017.

Spiegel, Murray R., Larry J. Stephens. 2008. *Theory and Problems of Statistics Fourth Ed*. McGraw-Hill Companies, Inc., New York. DOI: 10.1036/0071485848.

Sulung, Gintang dkk. *Pengaruh Parameterisasi Kumulus terhadap Kajian Angin Kencang di Makassar dengan Menggunakan WRF.* Institut Teknologi Bandung.

Tastula, Esa M., Vihma T. 2011. WRF Model Experiments on the Antarctic Atmosphere in Winter. *Published Online*, pp 1279-1291.

Wahyudi, Hadi T., I. D. Gd. A. Junnaedhi, Luthfi I. Satrya, M. Santriyani, M. P. Anugrah, D. T. Octaria. 2011. *Pelatihan Model WRF*. ITB, Bandung.

WMO. 2012. *Appendix A-Verivication Indixes.* Secretary of World Meteorology Organization: Geneva.

ISSN 2086-5589
megAsains
Vol. 6 No. 3 / Desember 2015

ANALISIS VARIABILITAS DAN PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KESESUAIAN AGROKLIMAT KEDELAI DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

Yuhanna Maurits[1], I. GL. Parta Tanaya[1]dan M.Husni Idris[1]

ABSTRACT

West Nusa Tenggara (NTB) established by the government as one of the national soybean production centers to pursue self-sufficiency target of producing one million tons of soybeans per year. Soybean demand nationally and locally increase from year to year. Beside (El Nino / La nina), climate change will lead to increased frequency of weather / climate extremes, droughts, extreme rainfall. Climate change in West Nusa Tenggara will certainly have an impact on agro-climatic suitability of soybean area. By utilizing the regional climate model data Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM) resolution of 14 km of the Climate Change Adaptation Project Collaboration UNRAM-CSIRO, the data used to create the climate projections then used to classify of soybean agro-climatic suitability based FAO standard. The decline of annual rainfall average in future periods and the increase in the temperature average of 20 to 30 ºC baseline period to 23-32 ºC in future. Analysis of agro-climatic suitability class for soybean crops in NTB projected to significant changes with less extensive suitability class S1 (Very Suitable) decrease by 3.0%, the class of S3 (Marginal Suitable) decrease 12.5% and the class N (Not Suitable) decrcrease 9.2 nevertheless occur the increase in class of S2 (Suitable) of 24.7% both in (2040-2069) and (2070-2099) relative to the baseline period (1981-2010).

Keywords: *soybeans, climate change, rainfall, temperature and agro-climatic suitability.*

ABSTRAK

Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) ditetapkan oleh pemerintah sebagai salah satu sentra produksi kedelai nasional untuk mengejar target swasembada kedelai yang mampu memproduksi satu juta ton kedelai per tahun. Kebutuhan kedelai secara Nasional maupun di NTB dari tahun ke tahun semakin meningkat. Selain (El nino/ La nina), perubahan iklim akan memicu meningkatnya frekuensi cuaca/iklim ekstrim, kemarau panjang, hujan ekstrim. Perubahan iklim di Nusa Tenggara Barat tentu akan memberikan dampak terhadap luasan kesesuaian agroklimat kedelai. Dengan memanfaatkan data model iklim regional *Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM*) resolusi 14 km dari project *Climate Change Adaptation Project* CSIRO-UNRAM, data tersebut digunakan untuk membuat proyeksi iklim yang kemudian digunakan untuk menghitung klasifiklasi kesesuaian agroklimat kedelai sesuai standard FAO di NTB dimasa depan. Terjadi penurunan rata-rata curah hujan tahunan di periode masa depan dan kenaikan temperatur rata-rata dari 20- 30 ºC periode baseline menjadi sekitar 23-32 ºC pada periode future. Analisis kelas kesesuaian agroklimat untuk tanaman kedelai di NTB diproyeksikan mengalami perubahan signifikan dengan berkurangnya luas kelas kesesuaian S1 (Sangat Sesuai) turun sebesar 3.0 %, kelas S3 (Sesuai Marginal) turun 12.5 % dan kelas N (Tidak Sesuai) turun sebesar 9.2 namun demikian terjadi pula peningkatan kelas S2 (Cukup Sesuai) sebesar 24.7% baik pada periode (2040-2069) serta pada periode (2070-2099) relatif terhadap periode baseline (1981-2010).

kata kunci: kedelai, perubahan iklim,curah hujan, temperatur dan kesesuaian agroklimat.

1) Program Magister Pengelolaan Sumber Daya Lahan Kering
Fakultas Pertanian Universitas Mataram
E-mail :maurits.yuhanna@gmail.com

PENDAHULUAN

Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) ditetapkan oleh pemerintah sebagai salah satu sentra produksi kedelai nasional untuk mengejar target swasembada kedelai yang mampu memproduksi satu juta ton kedelai per tahun. Saat ini kebutuhan kedelai nasional mencapai 2,5 juta ton per tahun, sementara produksi dalam negeri baru mencapai (700 – 800) ribu ton. Dengan demikian Indonesia masih kekurangan sekitar 1,7 juta hingga 1,8 juta ton kedelai, kekurangan tersebut terpaksa dipenuhi melalui impor (www.republika.co.id).

Tanaman kedelai merupakan salah satu komoditas nomor 3 setelah jagung, baik sebagai konsumsi langsung maupun sebagai bahan baku industri seperti industri tahu, tempe dan lain-lain. Kebutuhan kedelai secara Nasional maupun di NTB semakin meningkat, namun demikian banyak faktor yang mempengaruhi produktivitas kedelai, selain faktor tanaman, jenis tanah dan sarana produksi lainya, faktor iklim ternyata ikut menentukan produktivitas kedelai. Nusa Tenggara Barat adalah daerah yang sangat berpotensi untuk pengembangan kedelai namun demikian secara klimatologi NTB juga merupakan salah satu daerah yang sangat rentan terhadap dampak variabilitas iklim dan perubahan iklim (Butler, 2009, GTZ, 2010). Curah hujan merupakan unsur iklim paling utama yang dipertimbangkan dalam kebijakan pertanian di NTB (Yasin, et all. 2002). Hal ini dikarenakan curah hujan sangat beragam dengan fluktuasi yang cukup besar.

Wilayah Nusa Tenggara Barat dilihat dari iklim sangat variatif dari tipe iklim C3 sampai dengan E4 (As-Syakur, 2008). Secara umum mengalami 7 - 9 bulan, bulan kering (musim kemarau) dan 3 - 4 bulan, bulan basah (musim hujan). Variabilitas Iklim tahunan global yang dikenal dalam dunia meteorologi yaitu fenomena El nino dan La nina, dimana pada saat El nino lebih berdampak pada kekeringan yang panjang di NTB dan kondisi sebaliknya ketika terjadi La nina.

Selain fenomena iklim global (El nino/ La nina), perubahan iklim akan memicu meningkatnya frekuensi cuaca/iklim ekstrim, kemarau panjang, hujan ekstrim yang bisa mengakibatkan banjir dan kekeringan panjang (Aldrian et al.2011). Kondisi ini tentunya akan mempengaruhi pada kesesuaian agroklimat lahan dan produktivitas suatu tanaman termasuk kedelai. (Boer dan Las, 2003) menyatakan bahwa salah satu penyebab kemorosotan luas pertanaman dan panen kedelai adalah kurangnya air, awal tanam yang kurang tepat, rendaman banjir yang bisa menyebabkan gagal tanam maupun gagal panen.

Dengan demikian diperlukan kearifan dalam penelaahan perilaku iklim terhadap perkembangan pertumbuhan tanaman. Proyeksi iklim masa depan mencakup dimensi waktu yang lebih panjang dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam penetapan strategi tanam, memilih varietas yang bisa beradaptasi dengan iklim di masa depan. Berdasarkan penjabaran di atas maka perlu dilakukan penelitian tentang " analisis variabilitas iklim (el nino- lanina) dan proyeksi produktivitas kedelai di provinsi nusa tenggara barat. " dengan harapan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam menyiapkan strategi adaptasi yang tepat dan menghasilkan produktivitas kedelai yang tinggi di wilayah NTB demi mendukung program swasembada kedelai di masa depan.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui karakteristik agroklimat lahan yang sesuai untuk pengembangan kedelai (Glycine max (L) Meril) di provinsi Nusa Tenggara Barat.
2. Untuk mengetahui proyeksi kesesuian agroklimat kedelai dimasa depan di provinsi Nusa Tenggara Barat berdasarkan skenario perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Data

Beberapa data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

(1) Data Iklim (Curah Hujan dan Temperatur di NTB)
(2) Data Peta lahan, lereng dan kemiringan lahan, sumber: BPTP NTB;
(3) Data produksi kedelai, sumber Dinas Pertanian dan BPS provinsi NTB;
(4) Data curah hujan observasi (1993-2013) dari 49 pos hujan di NTB;

(5) Data Perubahan Iklim Model CCAM 1981-2010 dan 2040-2069, 2070-2099.
(6) Wilayah kajian pada penelitian ini adalah provinsi Nusa Tenggara Barat dengan posisi 115°46' - 119°5' BT dan 8°10' - 9°5' LS.

Dengan sebaran posisi pos hujan di seluruh wilayah provinsi NTB, bisa dilihat pada peta di Gambar 1 :

Gambar 1. Peta sebaran pos hujan di provinsi NTB

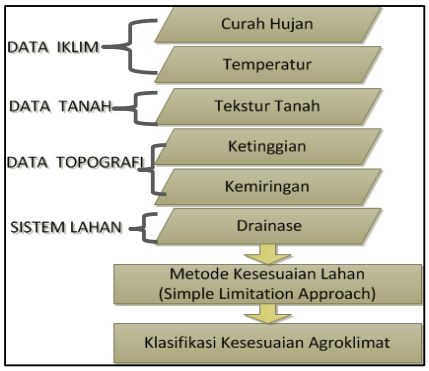
Metodologi

Beberapa data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :
Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan beberapa tahapan dalam analisis data, adapun langkah pengolahan data sebagai berikut: Data curah hujan dari setiap pos hujan kerjasama, data ketinggian, jenis tanah, kemiringan dan sistem *drainase* digunakan untuk menghitung kesesuaian agroklimat tanaman kedelai untuk periode *baseline,* sedangkan data proyeksi iklim yang sudah dikoreksi dan data non iklim lainya dari BPTP NTB, digunakan untuk menghitung klasifiklasi kesesuaian agroklimat dimasa depan dan menghitung produktivitas kedelai, data tersebut digunakan sebagai masukan model pertanian *APSIM.* Untuk informasi spasial dilakukan pemetaan dengan bantuan perangkat lunak (*Geographic Information System*) ArcGIS dan (*Grid Analysis and Display System*) GRADS secara perbandingan visual akan terlihat perubahan iklim dan temperatur, kesesuaian lahan pada jangka menengah (*near future*) periode (2040-2069) dan jangka panjang (*future)* periode (2070-2099) dibandingkan data *baseline* periode (1981-2010 yang mewakili kondisi terkini *(present)*.

Metode Evaluasi Kesesuaian Agroklimat

Dalam membuat evaluasi tingkat kesesuaian agroklimat diperhitungkan tiga faktor utama yaitu tanah,topografi dan iklim. Data iklim, temperatur, jenis tanah, ketinggian, kemiringan dan drainase digunakan sebagai *inputan* dalam analisis tingkat kesesuaian agroklimat dengan metode *Simple Limitation Approach* (SLA) (Paris, 1992).

Beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan kesesuaian agroklimat adalah sebagai berikut : iklim, tipe tanah, topografi dan sistem lahan. Tabel kebutuhan parameter tersebut untuk tanaman kedelai ada di dalam lampiran. Sebagai ilustrasi gambaran proses *overlay* dari masing-masing parameter terlihat pada Gambar 2



Gambar 2. *Flowchart Overlay* Kesesuaian Agroklimat standar FAO, 2004
(Ratri, 2012; Ritung dkk. 2007)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geografis Provinsi Nusa Tenggara Barat

Secara geografis Provinsi Nusa Tenggara Barat terletak antara 8°10' - 9°5' Lintang Selatan dan 115°46' - 119°5' Bujur Timur. Provinsi Nusa Tenggara Barat yang terdiri dari 2 pulau besar yaitu Pulau Lombok dan Pulau Sumbawa, memiliki luas wilayah 20.153,15 $km^{2.}$ Provinsi Nusa Tenggara Barat berbatasan dengan Sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa dan Laut Flores, Sebelah Timur berbatasan dengan Selat Sape/Provinsi Nusa Tenggara Timur. Sebelah Selatan berbatasan dengan Samudera Indonesia, Sebelah Barat berbatasan dengan Selat Lombok / Provinsi Bali (BPS,2013).

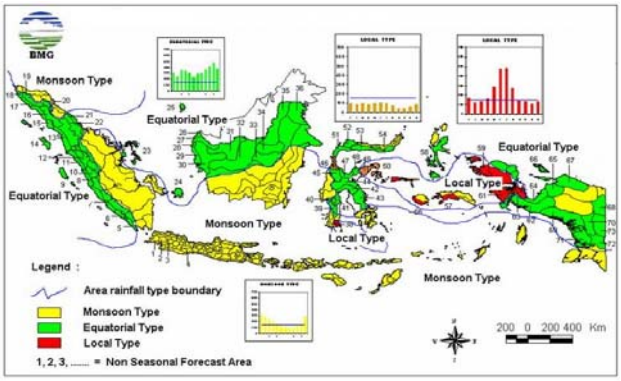
Keadaan topografi daerah menunjukkan bahwa di Pulau Lombok bagian utara terdiri atas pegunungan, dengan ketinggian antara 0 - 3.726 meter, yang pada bagian tengah merupakan dataran rendah yang subur berupa daerah persawahan dengan ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, serta di bagian selatan merupakan bagian yang berbukit-bukit dan kering yang sebagian berupa sawah tadah hujan, sedangkan Pulau Sumbawa pada umumnya merupakan daerah perbukitan dan pegunungan kecuali sebagian kecil merupakan dataran yang memanjang sepanjang pesisir selatan. (www.dephut.go.id,2008).

Iklim Provinsi Nusa Tenggara Barat

Nusa Tenggara Barat merupakan daerah yang memiliki iklim tropis dan hanya memiliki dua musim yaiu musim hujan dan musim kemarau. Pada umumnya Nusa Tenggara Barat memiliki *Pola hujan monsun*al, pola hujan yang wilayahnya memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau (Tukidi, 2010). Pola monsunal memiliki tipe curah hujan bersifat unimodial (satu puncak musim hujan). Periode maksum musim hujan di Nusa Tenggara Barat umunya terjadi pada bulan Desember/Januari. Sementara itu peeriode curah hujan kumulatif minimum terjadi pada bulan Agustus hingga September yang identik dengan periode musim kemarau. Tipe monsunal dipengaruhi oleh angin musiman (monsun), baik angin baratan maupun angin timuran yang bertiup akibat adanya perbedaan tekanan udara di Belahan Bumi Utara (BBU) dan Belahan Bumi Selatan (BBS).

Angin monsun baratan umumnya terjadi sekitar bulan Desember – Februari. angin monsun barat ini terjadi ketika letak matahari berada di bagian selatan bumi (Australia) yang menyebabkan daerah selatan bersuhu lebih tinggi (bertekanan rendah). Sedangkan di bagian utara bumi (Asia) bersuhu lebih rendah (bertekanan lebih tinggi). Dengan sifat angin yang bergerak dari daerah bertekanan tinggi menuju yang bertekanan rendah, maka angin pun akan berhembus dari Asia menuju Australia. (www.lapan.go.id) Sehingga pada periode ini, sebagian besar wilayah Indonesia akan memiliki curah hujan yang tinggi karena angin ini berhembus dengan membawa banyak massa uap air ketika melalui lautan luas dari arah Timur Laut dari Pasifik menuju ke Selatan – Tenggara. Angin Monsun Baratan identik dengan dengan Musim Hujan di wilayah Nusa Tenggara Barat (Tjasyono, 2003).

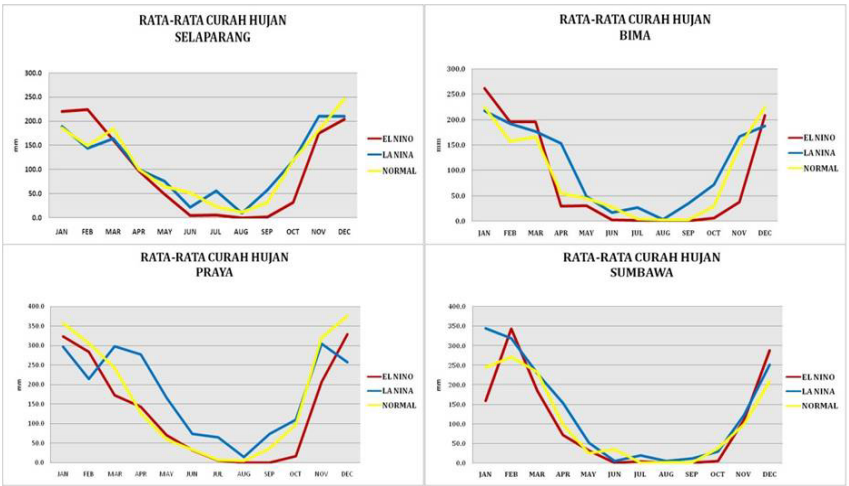
Pada bulan Juni-Agustus inilah periode terjadinya angin monsun timur**.** Posisi matahari berada di belahan utara bumi. Sehingga di belahan utara (Asia) bersuhu tinggi (bertekanan rendah), sedangkan di belahan selatan (Australia) bersuhu rendah (bertekanan tinggi). Maka angin akan bertiup dari belahan selatan ke utara. Angin bertiup dari arah Tenggara melalui gurun pasir di bagian utara Australia yang kering dan hanya melalui lautan yang sempit, menuju Utara – Timur Laut dan menyebabkan curah hujan sedikit di sebagian besar wilayah Indonesia (musim kemarau). Namun angin membawa udara dingin dari arah Selatan yang sedang musim dingin, sehingga cenderung saat kemarau relatif lebih sejuk. Angin Monsun Timuran identik dengan dengan Musim kemarau di wilayah Nusa Tenggara Barat.



Gambar 3. Pola Hujan Di Indonesia (BMKG,2008)

Berdasarkan hasil pewilayahan tipe hujan, Nusa Tenggara Barat Termasuk kedalam Pola hujan Monsunal, dimana Curah hujan maksimum terjadi mulai November hingga Februari dan puncak hujan minimum terjadi bulan Mei hingga September. Dari sebaran hujan tahunan secara umum curah hujan di Pulau Lombok berkisar (1200-1700) mm /tahun sementara di pulau Sumbawa curah hujan semakin berkurang dengan rata-rata (1000-1400) mm/tahun (Ripaldi, 2013).

Selain Angin Monsun,variasi musim di Nusa Tenggara Barat juga dipengaruhi oleh fenomena *ENSO. ENSO* adalah singkatan dari *El-Nino Southern Oscillation*. Secara umum para ahli membagi *ENSO* menjadi *ENSO* hangat (*El-Nino*) dan *ENSO* dingin (La-Nina). Berikut ini adalah gambaran pola hujan di Nusa Tenggara Barat.



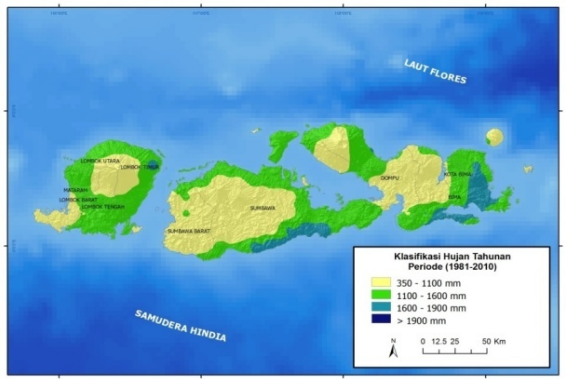
Gambar 4. Rata – Rata Curah Hujan Di Beberapa Pos Hujan Nusa Tenggara Barat (1981-2010)

Berdasarkan analisis curah hujan dari beberapa pos hujan yang mewakili provinsi kerjasama Nusa Tenggara Barat meliputi rata-rata curah hujan dalam kondisi normal, *el nino* dan *la nina*. Dari Gambar terlihat bahwa pola hujan di Nusa Tenggara Barat baik saat kejadian normal, *el nino* maupun *la nina* sama – sama berbentuk huruf v. Puncak Curah hujan berada pada bulan Desember, Januari dan Februari (DJF) dan curah hujan terendah terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus (JJA). Pengaruh kejadian *el nino* di Nusa Tenggara Barat menyebabkan penurunan jumlah curah hujan pada bulan Juni, Juli dan Agustus (JJA) dari kondisi normalnya.

Analisis Curah Hujan Periode 1981-2010

Analisis curah hujan dilakukan dengan menggunakan hasil simulasi model dengan tahapan analisis dibagi kedalam tiga periode waktu yaitu periode (1981-2010) sebagai *(baseline),* kemudian untuk analisis jangka menengah *(near future)* periode (2040-2069) dan jangka panjang *(future)* periode (2070-2099), untuk analisis masing-masing periode dibahas pada

sebagai berikutnya. Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim yang sangat bervariasi, baik dalam skala ruang maupun waktu. Variasi curah hujan ini berdampak pada tanaman khususnya tanaman kedelai. Hal yang terpenting dalam distribusi curah hujan untuk kedelai yaitu jumlah yang merata, sehingga kebutuhan air selama penanaman dapat terpenuhi.

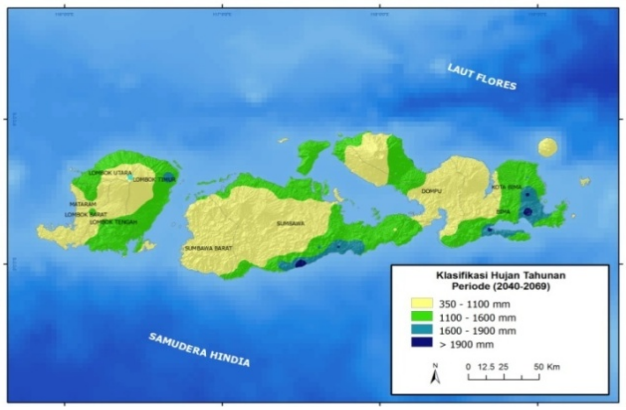


Gambar 5. Klasifikasi Curah Hujan Tahunan Periode 1981-2010

Gambar 5 menunjukkan klasifikasi curah hujan tahunan periode 1981-2010 di Provinsi Nusa Tenggara Barat untuk tanaman kedelai. Secara Umum sebaran curah hujan di Provinsi Nusa tenggara Barat berkisar antara 1100 – 1600 mm/tahun. Dari gambar 5, klasifikasi curah hujan tahunan yang sangat sesuai untuk tanaman kedelai yaitu curah hujan berkisar 350 -1100 mm yaitu terletak di Kabupaten Lombok Timur bagian utara, Lombok Barat bagian barat, Sumbawa Barat, Sumbawa bagian Tengah serta Dompu. Curah Hujan antara 350 – 1100 mm/tahun juga terjadi di puncak Gunung Rinjani, Gunung Batulanteh dan Gunung Tambora. Adanya pola hujan rendah di gunung seperti ini bisa disebabkan kondisi topografi gunung yang tinggi (seperti Mauna Loa dan Mauna Kea) dimana ketinggian gunung melewati lapisan *inversi,* maka hujan yang terjadi tidak akan sampai pada puncak gunung tetapi terjadi di daerah lereng depan gunung (Ripaldi, 2013). Klasifikasi curah hujan antara 1100-1600 mm/tahun terletak di sebagian besar Pulau Lombok, Sumbawa bagian Timur dan Bima. Untuk Klasifikasi curah hujan tahuan antara 1600-1900 merupakan klasifikasi dengan daerah yang paling sempit, aitu terletak di Sumbawa bagian Selatan dan Bima bagian Timur.

Analisis Curah Hujan Periode 2040-2069

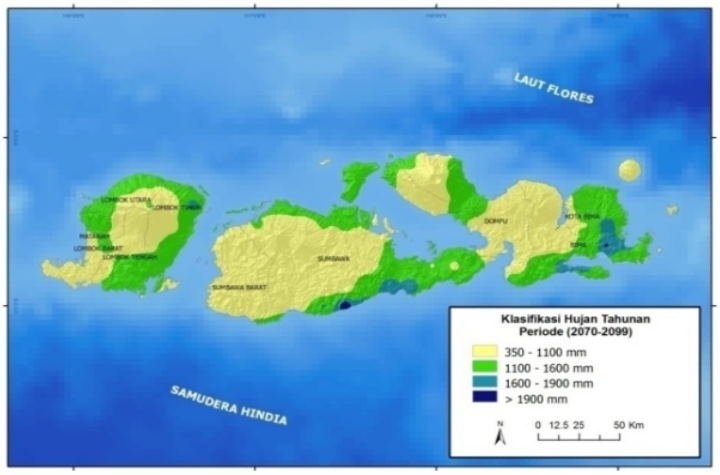
Analisis berikutnya adalah proyeksi curah hujan jangka menengah *(near future)* periode (2040-2069), di provinsi Nusa Tenggara Barat. Dari gambar 6, terjadi perubahan jumlah hujan tahunan di provinsi Nusa Tenggara Barat. Pada Periode tahun 2040 – 2069 (jangka menengah) curah hujan di Provinsi Nusa tenggara Barat diproyeksikan mengalami penurunan dari periode tahun 1981 – 2010 (*baseline*). Secara umum curah hujan akan berkisar antara 350 -1100 mm/tahun. Klasifikasi curah hujan berkisar antara 350 -1100 mm yaitu terletak di sebagian besar pulau Lombok yaitu Lombok Bagian Barat, Timur dan Utara dan Pulau Sumbawa bagian Barat, Tengah serta Dompu. Curah Hujan antara 350 – 1100 mm/tahun juga diproyeksikan akan terjadi di puncak Gunung Rinjani, Gunung Batulanteh dan Gunung Tambora. Klasifikasi curah hujan antara 1100-1600 mm/tahun semakin menyempit yaitu Lombok bagian tengah, Sumbawa bagian timur dan Bima. Untuk Klasifikasi curah hujan tahunan antara 1600-1900 terletak di sumbawa bagian utara dan Bima bagian Timur. Dibandingkan pada periode baseline 1981 – 2010 ,pada periode jangka menengah ini akan diproyeksikan curah hujan tahunan > 1900 mm/tahun yaitu di Sumbawa bagian utara dan Bima bagian timur.



Gambar 6. Klasifikasi Curah Hujan Tahunan Periode 2040 -2069

Analisis Curah Hujan Periode 2070-2099

Analisis berikutnya adalah proyeksi curah hujan jangka panjang *(future)* periode (2070 - 2099), di provinsi Nusa Tenggara Barat yang telah diklasifikasi kan berdasarkan kesesuaian agroklimat tanaman kedelai . Dari gambar 7, terjadi perubahan jumlah curah hujan tahunan di provinsi Nusa Tenggara Barat. Pada Periode tahun 2070 - 2099 (jangka panjang) curah hujan di Provinsi Nusa tenggara Barat diproyeksikan mengalami penurunan dari periode tahun 2040 – 2069 . Secara umum curah hujan akan berkisar antara 350 -1100 mm/tahun. Klasifikasi curah hujan berkisar antara 350 -1100 mm yaitu terletak di sebagian besar pulau Lombok yaitu Lombok Bagian Barat, Timur dan Utara serta lombok bagian tengah dan Pulau Sumbawa bagian Barat, Tengah serta Dompu. Curah Hujan antara 350 – 1100 mm/tahun juga diproyeksikan akan terjadi di puncak Gunung Rinjani, Gunung Batulanteh dan Gunung Tambora. Klasifikasi curah hujan antara 1100-1600 mm/tahun semakin menyempit yaitu Lombok bagian tengah, Sumbawa bagian timur dan Bima. Untuk Klasifikasi curah hujan tahunan antara 1600-1900 terletak di sumbawa bagian utara dan Bima bagian Timur. Dibandingkan pada periode baseline 1981 – 2010, pada periode jangka menengah ini akan diproyeksikan curah hujan tahunan > 1900 mm/tahun yaitu di Sumbawa bagian utara dan Bima bagian timur.

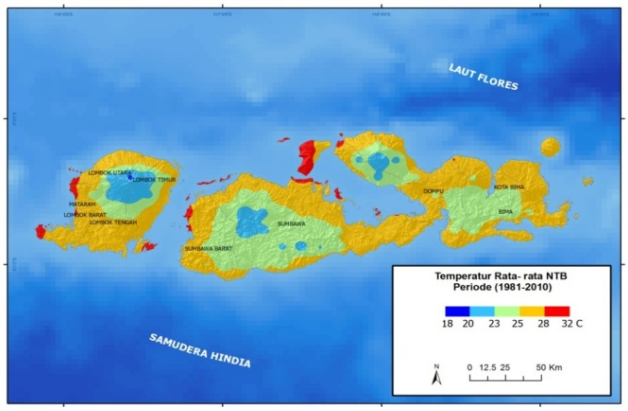


Gambar 7. Klasifikasi Curah Hujan Tahunan Periode 2070 -2099

Analisis Temperatur Periode 1981-2010

Selain curah hujan, salah satu unsur iklim yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan kedelai adalah Temperatur. Analisis Temperatur dilakukan dengan menggunakan hasil simulasi model dengan tahapan analisis dibagi kedalam tiga periode waktu yaitu periode (1981-2010) sebagai *(baseline),* kemudian untuk analisis jangka menengah *(near future)* periode (2040-2069) dan jangka panjang *(future)* periode (2070-2099). Pengaruh Temperatur terhadap tanaman kedelai mempengaruhi tanaman tersebut dalam pembungaan dan pembentukan polong.Temperatur yang optimum untuk kedelai adalah 20°C-30°C, apabila pada fase pembungaan adalah 24°C-25°C. Polong kedelai

terbentuk optimal pada Temperatur 26,6°C – 32°C, pada Temperatur yang tinggi dapat mengganggu kelembaban tanah akibat meningkatnya laju evapotranspirasi dan proses metabolisme yang terjadi akan lebih tinggi (Lamina 1989). Dari peta kesesuaian iklim yang dihasilkan, kelaskesesuaian , S1 (sangat sesuai), S2 (cukup sesuai), S3 (sesuai marginal), dan N (tidak sesuai).

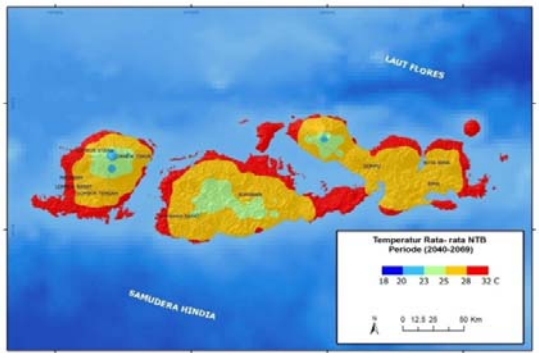


Gambar 8. Klasifikasi Temperatur Periode 1981-2010

Gambar 8 menunjukkan klasifikasi temperatur udara rata-rata periode 1981-2010 di Provinsi Nusa Tenggara Barat untuk tanaman kedelai. Secara Umum sebaran Temperatur udara di Provinsi Nusa tenggara Barat berkisar antara berkisar antara 20 ◦C hingga 32°C. . Temperatur udara rata-rata yang sangat sesuai (S1) untuk tanaman kedelai yaitu Temperatur udara berkisar 23 -25 ◦C yaitu terletak di Kabupaten Lombok Timur bagian utara, Lombok Tengah bagian utara,sebagian kecil Lombok Utara,sebagian besar pulau Sumbawa, Bima bagian barat dan utara. Temperatur yang cukup sesuai (S2) untuk tanaman kedelai terdapat di sebagian besar Provinsi Nusa Tenggara Barat yaitu Temperatur antara 20 -23°C atau 25-28°C. Untuk kelas kesesuaian S3 (sesuai marginal) adalah Temperatur berkisar 28-32 °C yaitu di sebagian kecil lombok barat, sebagian kecil Lombok utara bagian timur, sebagian kecil Sumbawa bagian barat dan pulau moyo. Untuk kelas N (tidak sesuai) di periode 1981-2010 ini tidak ada karena tidak ada daerah yang memiliki Temperatur rata-rata <18°C atau > 32°C.

Analisis Proyeksi Temperatur Periode 2040-2069

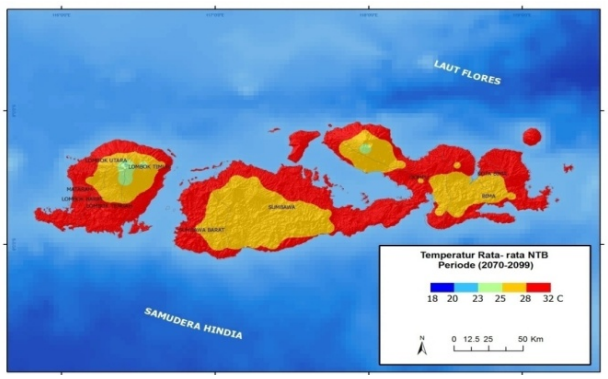
Analisis berikutnya adalah proyeksi Temperatur jangka menengah *(near future)* periode (2040-2069), diprovinsi Nusa Tenggara Barat.Dari gambar 9, terjadi perubahan Temperatur rata-rata di provinsi Nusa Tenggara Barat. Pada Periode tahun (2040 – 2069) Temperatur di Provinsi Nusa tenggara Barat diproyeksikan mengalami kenaikan dari periode tahun (1981 – 2010) (baseline). Secara umum Temperatur rataakan berkisar antara 20 - 32°C. Pada periode (2040 – 2069), daerah yang memiliki Temperatur antara 28-32◦C akan semakin bertambah. Pada periode ini kelas kesesuaian sangat sesuai (S1) akan semakin menyempit yaitu terletak di sebagian kecil pulau Lombok dan Sumbawa. Untuk kelas kesesuan S2 dengan Temperatur 20-23◦ C akan semakin sedikit namun utnuk kelas S2 dengan Temperatur 25-28◦C akan semakin banyak. Begitu juga dengan kelas kelas kesesuan S3 (sesuai marginal) akan semakin banyak di periode ini.



Gambar 9. Klasifikasi Temperatur Periode 2040 -2069

Proyeksi Temperatur Periode 2070-2099

Analisis proyeksi Temperatur rata-rata jangka panjang *(future)* periode (2070 - 2099), diprovinsi Nusa Tenggara Barat yang telah diklasifikasi kan berdasarkan kesesuaian agroklimat tanaman kedelai. Pada Gambar 10, Periode tahun (2070 – 2099) jangka panjang Temperatur di Provinsi Nusa tenggara Barat diproyeksikan mengalami peningkatan dari periode tahun (2040 – 2069). Secara umum Temperatur akan berkisar 23-32 ºC. Kenaikan ini sejalan dengan proyeksi (IPCC, 2007) bahwa kenaikan Tempertaur pada near future akan berkisar (1-4,8) °C. kelas kesesuain S1 (sangat sesuai) terletak di Gunung Rinjani dan Gunung Tambora. Untuk kelas S2 (cukup sesuai) semakin sedikit jika dibandingkan periode (2040-2069). Kelas kesesuaian S2 (cukup sesuai) dengan temperatur 20-23 ºC tidak ada lagi. Kelas S3 (sesuai marginal) dengan temperatur antara 25-28 ºC semakin meluas.



Gambar 10. Klasifikasi Temperatur Rata-Rata Periode 2070 -2099

Pengaruh Iklim Terhadap Tanaman Kedelai

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang terkena dampak dari perubahan iklim. Perubahan iklim memberikan dampak pada kenaikan suhu dan perubahan curah hujan sehingga membawa dampak negatif bagi tanaman. Produktivitas tanaman sangat rentan terhadap perubahan iklim. Kedelai merupakan akan menjadi salah satu tanaman yang paling menderita dari perubahan iklim, jika praktek produksi saat ini tetap sama.

Meningkatnya suhu udara mempengaruhi tanaman karena meningkatkan laju pernafasan (*respirasi*) dan penguapan (*transpirasi*) sehingga meningkatkan konsumsi air, selain meningkatkan perkembangbiakan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) tertentu yang pada akhirnya menurunkan produktivitas tanaman. Peningkatan suhu udara ini juga mempercepat pematangan buah dan biji yang mengakibatkan penurunan mutu hasil tanaman. Di amerika serikat hasil panen kedelai meningkat secara bertahap pada suhu sekitar 10-30 °C, tetapi ketika tingkat suhu lebih dari 30 °C, hasil kedelai menurun tajam (http://wwf.panda.org).

Selain itu, suhu panas diperkirakan akan menyebabkan curah hujan lebih ekstrim, dengan erosi dan degradasi tanah lebih mungkin terjadi. Pemanasan global juga akan mempengaruhi kesuburan tanah. Pergeseran pola curah hujan atau musim mempengaruhi sumber daya dan infrastruktur pertanian karena merubah sistem hidrologi (siklus air) dan sumber daya alam, merusak dan menyebabkan penurunan kualitas lahan serta merubah kapasitas irigasi. Hal ini juga mempengaruhi waktu, musim serta pola tanam, menurunkan produktivitas dan luas areal tanam serta areal panen karena adanya keterlambatan musim tanam kedelai.

Analisis Kesesuaian Agroklimat Kedelai

Analisis tingkat kesesuaian agroklimat tanaman padi dibagi kedalam tiga periode waktu yaitu periode (1981-2000) sebagai informasi *baseline* atau mewakili kondisi masa kini, periode (2040-2069) untuk jangka menengah (*near future*) dan periode (2070-2099), untuk jangka panjang *(future).* Selanjutnya untuk informasi spasial tentang gambaran kondisi kesesuaian agroklimat tanaman padi pada masing-masing periode akan di tuangkan dalam bentuk peta kesesuaian agroklimat.

Analisis Kesesuaian Agroklimat Kedelai Periode 1981 – 2010

Peta kesesuaian agroklimat untuk tanaman kedelai di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) ditunjukkan pada gambar 11.Secara umum kesesuaian agroklimat untuk tanaman kedelai berada pada tingkat S3 atau lahan yang memiliki faktor pembatas yang berat dan faktor pembatas ini akan berpengaruh terhadap produktivitasnya. Luasnya tingkat kesesuaian agroklima tkategori (S3) sesuai marginal untuk tanaman kedelai di Provinsi Nusa Tenggara Barat lebih disebabkan oleh factor noniklim yang menghambat faktor iklim. Faktor non iklim berupa faktor topografi yaitu kemiringan lerengdan dari faktor iklim berupa curah hujan tahunan. Selain terdapat kelas S1 atau sangat sesuai yang terdapat di sebagian besar kota mataram, sumbawa bagian timur serta sebagian kecil Bima.Untuk Kelas S2 atau cukup sesuai terdapat di daerah Lombok bagian tengah, sebagian kecil lombok bagian utara, sebagian kecil sumbawa bagian utara dan sebagian kecil Bima bagian barat. Selain terdapat beberapa daerah dengan kelas N atau sangat tidak sesuai yaitu di Lombok sekitar Gunung Rinjani dan Sumbawa bagian Tengah dan sekitar Gunung Tambora. Faktor elevasi yang tinggi merupakan faktor penghambat untuk tanaman kedelai di daerah ini.

Gambar 11. Peta Kesesuaian Tanaman Kedelai Periode 1981-2010

Berdasarkan hasil penghitungan tingkat agroklimat kedelai dengan inputan data untuk periode tahun 1981-2010 didapatkan hasil analisis kesesuaian agroklimat tanaman kedelai seperti terlihat pada Gambar 11. Sebagai berikut informasi yang didapatkan dari hasil analisis kesesuaian agroklimat di Nusa Tenggara Barat (Tabel 1) adalah sebagai berikut; kelas S1 (sangat sesuai) untuk kesesuaian agroklimat tanaman kedelai adalah 23,1% , Untuk kelas S2 (cukup sesuai) mempunyai luasan 25,5 %. Kelas kesesuaian bersyarat (S3) memiliki luasan 37,1%. Sedangkan daerah yang tidak sesuai untuk kedelai berdasarkan agroklimat seluas 14,3% dari total kesesuaian agroklimat tanaman kedelai.

Tabel 1. Luas kesesuaian agroklimat Kedelai Periode 1981-2010.

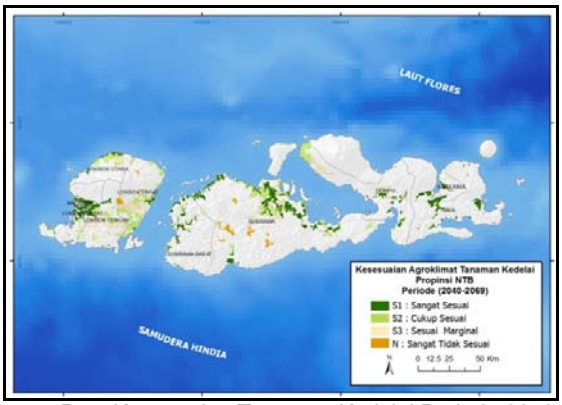
Kelas	**Luas Lahan**	
	(%)	Ha
S1	23,1	127559.65
S2	25,5	140986.98
S3	37,1	204766.80
N	14,3	78885.57

Jika dalam analisis kesesuaian agroklimat kedelai ini melibatkan luasan hutan dan jenis lahan lainya maka luasan tingkat kesesuaian agroklimat kedelai untuk kelas (S1) sangat sesuai 223693,2 ha S2 (cukup sesuai) seluas 247239,8 ha, S3 (sesuai marginal) seluas 359086,4 ha dan untuk kelas N (Tidak sesuai) 138336,6 ha.

Proyeksi Kesesuaian Agroklimat Kedelai Periode 2040 -2069

Peta proyeksi kesesuaian agroklimat kedelai periode 2040 - 2069 ditunjukkan pada gambar 12. Pada periode 2040-2069 diprediksi tingkat kesesuaian agroklimat kedelai mengalami perubahan dibandingkan periode 1981-2010. Pada periode 2040 - 2069 terjadi penurunan luas daerah kriteria S1, S3 dan N. Sedangkan untuk tingkat kesesuaian S2 mengalami peningkatan daripada periode sebelumnya. Banyaknya daerah yang memiliki tingkat S2

atau cukup sesuai ini disebabkan terjadi perubahan pada jumlah curah hujan tahunan. Penurunan luas daerah untuk S1 sebesar 0.4%, S3 sebesar 3.2%, dan N sebesar 7.1%. sedangkan peningkatan luas daerah S2 atau cukup sesuai sebesar 10.7% dari periode 1981-2010



Gambar 12. Peta Kesesuaian Tanaman Kedelai Periode 2040 – 2069

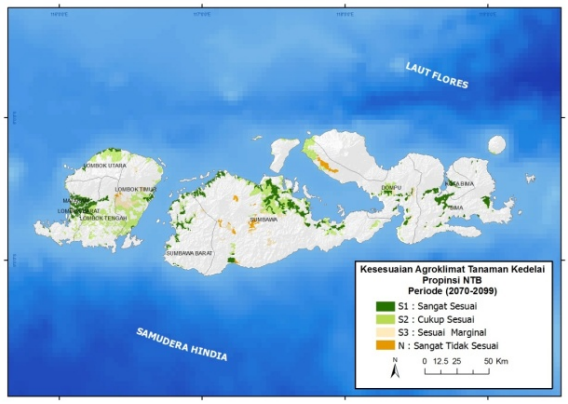
Berdasarkan hasil penghitungan tingkat agroklimat kedelai dengan inputan data untuk periode tahun 2040 - 2069 didapatkan hasil analisis kesesuaian agroklimat tanaman kedelai seperti terlihat pada gambar 12. Sebagai berikut informasi yang didapatkan dari hasil analisis kesesuaian agroklimat kedelai di Nusa Tenggara Barat (Tabel 2) adalah sebagai berikut; kelas S1 (sangat sesuai) untuk kesesuaian agroklimat tanaman kedelai adalah 22,7% , Untuk kelas S2 (cukup sesuai) mempunyai luasan 36,2 %. Kelas kesesuaian bersyarat (S3) memiliki luasan 33,9% . Sedangkan daerah yang tidak sesuai untuk kedelai berdasarkan agroklimat seluas 7,2 % dari total kesesuaian agroklimat.

Tabel 2.Luas kesesuaian agroklimat Kedelai Periode 2040-2069.

Kelas	**Luas Lahan**	
	(%)	Ha
S1	22,7	125382.67
S2	36,2	200096.99
S3	33,9	187215.21
N	7,2	39504.13

Proyeksi Kesesuaian Agroklimat Kedelai Periode 2070 – 2099

Peta proyeksi kesesuaian agroklimat kedelai periode (2070 – 2099) ditunjukkan pada gambar 13. Pada periode tersebut diprediksi tingkat kesesuaian agroklimat kedelai mengalami perubahan dibandingkan periode (1981-2010) dan periode (2040- 2069). Hal ini bisa dilihat pada Gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Peta Kesesuaian Tanaman Kedelai Periode 2070 -2099

Pada periode (2070 – 2099) terjadi penurunan luas daerah S1, S3 dan N. Sedangkan untuk tingkat kesesuaian S2 (cukup sesuai) mengalami peningkatan daripada periode-periode sebelumnya. Banyaknya daerah yang memiliki tingkat S2 atau cukup sesuai ini disebabkan terjadi perubahan pada jumlah curah hujan tahunan. Penurunan luas daerah jika dibandingkan periode (1981 – 2010) untuk S1 sebesar 3.0 %, S3 sebesar 12.5%, dan N sebesar 9.2%. sedangkan peningkatan luas daerah S2 atau cukup sesuai sebesar 24.7 % dari periode (1981-2010). Penurunan luas daerah jika dibandingkan periode (2040 – 2069) untuk S1 sebesar 2.6 %, S3 sebesar 9.4 %, dan N sebesar 2%. sedangkan peningkatan luas daerah S2 atau cukup sesuai sebesar 13.9 % dari periode tersebut.

Tabel 3. Luas kesesuaian agroklimat Kedelai periode 2070-2099.

Kelas	luas Lahan	
	(%)	ha
S1 (Sangat Sesuai)	20.1	111248.9
S2 (Cukup Sesuai)	50.2	277110.9
S3 (Sesuai Marginal)	24.5	135521.4
N (Tidak Sesuai)	5.1	28317.9

Berdasarkan hasil penghitungan tingkat agroklimat kedelai dengan inputan data untuk periode tahun 2070 - 2099 didapatkan hasil analisis kesesuaian agroklimat tanaman kedelai seperti terlihat pada Tabel 3. Sebagai berikut informasi yang didapatkan dari hasil analisis kesesuaian agroklimat kedelai di Nusa Tenggara Barat (Tabel 3) adalah sebagai berikut; kelas S1 (sangat sesuai) untuk kesesuaian agroklimat tanaman kedelai adalah 20,1% sekitar 111248,9 ha , untuk kelas S2 (cukup sesuai) mempunyai luasan 50.2 % atau sekitar 277.110,9 ha. Kelas kesesuaian bersyarat (S3) memiliki luasan 24.5% atau sekitar 135.521, 4 ha. Sedangkan daerah yang tidak sesuai untuk kedelai berdasarkan agroklimat seluas 5.1 % dari total kesesuaian agroklimat. Untuk analisis kesesuaian agroklimat kedelai yang melibatkan luasan hutan dan jenis lahan lainya maka diproyeksikan luasan tingkat kesesuaian agroklimat kedelai untuk kelas (S1) sangat sesuai 406015,8 ha S2 (cukup sesuai) seluas 111348,5 ha, S3 (sesuai marginal) seluas 494601,1 ha dan untuk kelas N (Tidak sesuai) 103349,4 ha.

4.1.1. Perubahan Kelas Kesesuaian Agroklimat Kedelai

Perubahan kelas kesesuaian agroklimat kedelai pada periode 2040-2069 (*near future*) terhadap periode baseline yaitu 1981-2010 pada luasan lahan pertanian di Provinsi Nusa Tenggara Barat 552199 ha, adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Luasan Kelas Kesesuian Agroklimat Kedelai (ha)

Kelas	1981-2010 (ha)	2040-2069 (ha)	2070-2099 (ha)
S1 (sangat sesuai)	127,559.65	125,382.67	111,248.88
S2 (Cukup Sesuai)	140,986.98	200,096.99	277,110.85
S3 (Sesuai Marginal)	204,766.80	187,215.21	135,521.37
N (Tidak sesuai)	78,885.57	39,504.13	28,317.90

Pada periode 2040 - 2069 terjadi perubahan kelas kesesuaian agroklimat yaitu penurunan luasan kelas kesesuaian S1 (sangat sesuai) menjadi S2, kemudian S3 (Sesuai Marginal) menjadi kelas N (tidak sesuai). Selain itu terjadi peningkatan luasan kelas kesesuaian S2 (cukup sesuai). Kelas kesesuaian S1 (sangat sesuai) pada periode 2040 -2069 seluas 125,382.67 ha, jika dibandingkan dengan periode present (baseline) artinya terjadi penurunan sebesar 2,176.98 ha atau sekitar 0.4%. Kelas kesesuian S2 (cukup sesuai) seluas 200,096.99 ha, jika dibandingkan dengan kondisi sekarang artinya terjadi

peningkatan sebesar 59,110.02 ha atau sekitar 10.7%. Kelas kesesuian S3 (sesuai marginal) seluas 187,215.21 ha, jika dibandingkan dengan periode sekarang terjadi penurunan sebesar 17,551.59 ha atau sekitar 3.2%. Kelas kesesuian N (tidak sesuai) seluas ha, jika dibandingkan dengan sekarang menurun sebesar 39,381.44 ha atau sekitar 7.1%. Secara tabular perubahan luasan dan prosentase perubahan kelas kesuaian agroklimat tanaman kedelai terlihat pada Tabel 4.5 berikut :

Tabel 5. Perubahan Luasan Kesesuaian Agroklimat Kedelai (ha)

Kelas	1981-2010 (ha)	2040-2069 (ha)	2070-2099 (ha)
S1 (Sangat Sesuai)	127559.6474	-2,176.98	-16,310.76
S2 (Cukup Sesuai)	140986.9787	59,110.02	136,123.87
S3 (Sesuai marginal)	204766.8024	-17,551.59	-69,245.44
N (Tidak Sesuai)	78885.57143	-39,381.44	-50,567.67

Pada periode 2070 – 2099 perubahan kelas kesesuaian agroklimat tanaman kedelai perubahan yang semakin signifikan. Diproyeksikan akan terjadi penurunan luasan kelas kesesuaian S1 (sangat sesuai) menjadi S2, luas kelas kesesuian dari S3 (Sesuai Marginal) berubah menjadi tingkat S2 (cukup sesuai) sehingga pada periode tersebut yang paling dominan kelas kesesuaian S2 (cukup sesuai), sementara itu untuk kelas kesesuaian N (tidak sesuai) berubah menjadi kelas kesesuaian S3 (sesuai marginal). Pada periode ini kelas kesesuian S1 (sangat sesuai) seluas 111,248.88ha, menurun sebesar 16,310.76ha atau sekitar 3% dibandingkan dengan periode baseline. Kelas kesesuian S2 (cukup sesuai) seluas 277,110.85 ha artinya meningkat sebesar 136,123.87 ha atau sekitar 20.7%. Kelas kesesuian S3 (sesuai marginal) seluas 135,521.37 ha, menurun sebesar 69,245.44ha atau sekitar 12.5%.Kelas kesesuian N (tidak sesuai) seluas 28,317.90 ha artinya menurun sebesar 50,567.67 ha atau sekitar 9.2%. Jika dibandingkan dengan periode tahun 2040 - 2069 terjadi penurunan luasan kesesuaian agroklimat kedelai yaitu penurunan luasan S1 (sangat sesuai), S3 (sesuai marginal) dan N (tidak sesuai). selain itu terjadi peningkatan luasan kelas kesesuaian yaitu kelas S2 (cukup sesuai). Untuk kelas S1 (sangat sesuai) terjadi penurunan luas sebesar 14133.78 ha atau sekitar 2.6%. Untuk kelas S2 terjadi peningkatan luas kesesuaian sebesar 77013.86 ha atau sekitar 13.9% untuk kelas S3 (sesuai marginanal) terjadi penurunan sebesar 51693.85 ha atau sekitar 9.4%, sedangkan untuk kelas N (tidak sesuai) sekitar 11186.23 ha atau sekitar 2%. Jika dalam analisis kesesuaian agroklimat kedelai melibatkan luasan hutan dan jenis lahan lainya maka diproyeksikan luasan tingkat kesesuaian agroklimat kedelai justru tidak akan mengalami penurunan dari data baseline hal ini dikarenakan ketika unsur hutan dilibatkan dalam penghitungan kelas kesesuaian agroklimat kedelai dimasa depan, justru di beberapa wialyah di NTB mengalami perluasan tingkat kesesuaian agroklimatnya. Sehingga ancaman berkurangnya lahan yang memenuhi kelas kesesuaian agroklimat luasanya meningkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas beberapa kesimpulan yang bisa disampaikan adalah sebagai berikut :

1. Secara umum Temperatur rata-rata diproyeksikan mengalami peningkatan pada periode *near future* (2040 – 2069) dengan kisaran 23-32 ºC, Clustering temperature untuk kelas kesesuain S1 (sangat sesuai) dan kelas S2 (cukup sesuai) dan N (tidak sesuai) semakin menyempit pada periode future (2070-2099, temperatur untuk kelas S3 (sesuai marginal) antara 25-28 ºC semakin meluas.

Kelas	1981-2010 (ha)	2040-2069 (ha)	2070-2099 (ha)
S1 (Sangat Sesuai)	127559.6474	-2,176.98	-16,310.76
S2 (Cukup Sesuai)	140986.9787	59,110.02	136,123.87
S3 (Sesuai marginal)	204766.8024	-17,551.59	-69,245.44
N (Tidak Sesuai)	78885.57143	-39,381.44	-50,567.67

2. Hasil Clustering curah hujan untuk kesesuaian agroklimat kedelai diproyeksikan mengalami penurunan daerah dengan curah hujan (350-1100) mm/tahun, curah hujan (1100-1600) mm/tahun, curah hujan (1600-1900) mm/tahun, semakin menyempit pada tahun (2040-2069) dan clustering curah hujan tahunan > 1900 mm/tahun semakin meluas pada periode (future) (2070 - 2099).
3. Diproyeksikan akan terjadi penurunan luas daerah dengan kelas kesesuian (S1) sebesar 0.4-3.0 %, (S3) 3.2-12.5% dan (N) 7.1 - 9.2% Pada periode *Near Future* (2040 – 2069) dan periode Future (2070-2099) Sedangkan untuk tingkat kesesuaian S2 mengalami peningkatan 10.7 - 24.7 % relatif terhadap periode baseline (1981-2010).

SARAN

Pada penelitian ini belum dikaji tentang dampak perubahan iklim terhadap produktivitas kedelai dimasa depan..

DAFTAR PUSTAKA

Aldrian, E., Karmini,M., Budiman. 2011. “Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia. ICCTF.

As-syakur, A.R., Nuarsa, I.W., dan Sunarta, I.N. (2011) : Pemutakhiran Peta Agroklimat Klasifikasi Oldeman di Pulau Lombok Dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografi. Jurnal Ilmu Tanah. PPLH Udayana, Bali.

BMKG, (2008) : Peta Analisis Tingkat Kekeringan dan Klasifikasi Iklim di Provinsi Nusa Tenggara Barat. PusPIKAM, BMKG Jakarta.

Boer, R. dan Las, I. (2003) : Sistem Produksi JagungNasional dalam Perspektif Kebijakan Iklim Global. Badan Litbang Pertanian, Jakarta, pp.215-234.

Butler, J., Kirono, D.G.C., Katzfey, J., and Nguyen, K. (2009): Climate Adaptation Strategies for Rural Livelihoods in West Nusa Tenggara Province. CSIRO_AusAID report,2009.

FAO, (2004) : A framework for land evaluation. FAO soils bulletin No 32,International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI),FAO of the United Nations, Netherland, 94 p.

GTZ, (2010) : Risk and Adaptation Assessment on Climate Change in Lombok Island,West Nusa Tenggara Province. Synthesis Report, 97 p.

http://www.republika.co.id..: NTB menjadi sentra kedelai Nasional, diunduh tanggal 20 april 2014.

IPCC, (2007) : Climate Change: The Physical Science Basis, Contribution ofWorking Group (WG) 1 to the Fourth Assessment Report of the(IPCC), Cambridge UniversityPress, Cambridge, UK, and New York, 273–313.

Paris, Q. (1992) : The Von Liebig’s Hypothesis, American Journal of Agricultural Economic, 74, 1019-1028.

Ratri, D.,N. (2012) : Vulnerability of Agricultural Land to Climate Change in West Nusa Tenggara Barat Province.Thesis Univ of Melbourne, Australia.

Ripaldi, A (2013) Kajian Perubahan Iklim Terhadap Kesesuaian Agroklimat dan Produktivitas Padi Di prop NTB (2040-2069 dan 2070-2099), Tesis Pasca Sarjana Sains Kebumian FITB, ITB Bandung.

Ritung, S.,Wahyunto, Agus, F., dan Hidayat, H.(2007) : Buku Panduan Kesesuaian Lahan, Studi Kasus Kesesuaian Lahan Aceh Barat, Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Center (ICRAF) Indonesia.

Tjasyono, B.,H., K. (2003) : Klimatologi Umum,Cetakan ke 2. ITB Press Bandung. Hal 43 – 74.

Tukidi.2010. Jurnal Geografi. Volume 7 No. 2 Juli 2010.

Yasin, I.,Abawi, G. Ma'shum, M. 2002. Kapan Hujan Turun?Dampak Osilasi Selatan dan El Nino di Indonesia. ACIAR