

## ASAL AWAN KONVEKTIF PEMBAWA HUJAN LOKAL DI PULAU LOMBOK

\*Mahrup<sup>1)</sup> dan Muhammad Husni Idris<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Prodi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram

<sup>2)</sup> Dosen Prodi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram

Email Peneliti Utama: [mahrupwarige@gmail.com](mailto:mahrupwarige@gmail.com)

### ABSTRAK

Kenampakan awan konvektif telah lama dijadikan sebagai pertanda akan datangnya hujan. Suatu penelitian deskriptif telah dilakukan untuk mengkaji asal muasal awan tersebut. Pergerakan awan konvektif ditetapkan berdasarkan prinsip resultante (penjumlahan) vektor. Tujuan penelitian adalah menentukan asal awan konvektif sebagai pembawa hujan di pulau Lombok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa awan konvektif berasal dari barat daya yang terbentuk pada zona efektif pada rentang geografis  $110^{\circ} - 115^{\circ}$  BT;  $\geq 10^{\circ}$  LS dan  $115^{\circ} - 116^{\circ}$  BT;  $8,5^{\circ} - 9^{\circ}$  LS. Pada periode puncak hujan bulan Januari dan Februari tumbuh awan konvektif tipe komulus nimbus pada zone  $115^{\circ} - 116^{\circ}$  BT;  $8,5^{\circ} - 9^{\circ}$  LS, yang secara geografis lebih dekat di barat daya pulau Lombok. Disimpulkan, bahwa awan konvektif berasal dari perairan samudera Hindia sebelah barat Australia dan mencapai pulau Lombok dari arah barat daya, (2) Pada puncak musim hujan, Januari dan Februari, bentukan awan konvektif di barat daya pulau Lombok, sebelah selatan selat Lombok dan (3) Pada periode transisi ke musim kemarau, mulai akhir bulan Maret, April dan Mei awan konvektif berasal dari arah tenggara.

**Kata Kunci :** awan konvektif, awan komulus, muson

### ABSTRACT

In Lombok, it has been common practice to predict rain event from the appearance of convective cloud. However, its origin has not been traced yet. A descriptive research using satellite images of clouds was conducted to trace a path way of clouds bearing rain in Lombok. Vector analysis was applied to determine direction of the resultant vectors indicating the origin of the clouds. The purpose of the study was to determine the origin of convective cloud bearing rain on the island of Lombok. The results showed that convective clouds originated from the west coast of Western Australia in geographic ordinate of  $100^{\circ} - 115^{\circ}$  E and  $10^{\circ} - 15^{\circ}$  S. In a peak season, cloud it was getting close to southwest of Lombok at  $115^{\circ}-116^{\circ}$ E;  $<10^{\circ}$ S. The direction of the wind vector heading to Lombok was temporally varied. In November, wind vector heads to the north, in December -to February - heads to the northeast, in March to the north and in April - May to the northwest. - In conclusion, convective cloud bearing rainfall in Lombok originated from Western Australian sea.

**Keywords:** convective cloud, comulus monsoon

## 1. PENDAHULUAN

Awan konvektif, atau awan komulus (*comulus cloud*) paling produktif meng-hasilkan hujan di wilayah tropis (Partridge, 2002). Awan ini terbentuk melalui sebuah proses yang diawali penguapan (*evaporation*) yang menghasilkan uap air di udara. Energy panas matahari, mengakibatkan molekul-molekul uap air meningkat energy kinetiknya (Tjasyono, 2008), yang menyebabkan pemuaian sedemikian rupa, sehingga terjadi konveksi (*convection*), yaitu pergerakan secara vertikal masa udara panas yang mengandung uap air, menggantikan tempat masa udara dingin yang sebelumnya berada di atasnya. Sampai pada ketinggian tertentu molekul-melekul uap air kembali merapat satu sama lain membentuk awan (Anonim, 2015), bahkan jika suhu terus menurun, terjadi kondensasi. Nasib awan selanjutnya tergantung pada arah pergerakan angin.

Fenomena global mempengaruhi arah pergerakan uap air dan angin di wilayah Indonesia, antara lain: (i) Efek monsun, (ii) efek interaksi atmosfer dan biosfer samudera Pasifik, yang menghasilkan fenomena *El-Nino* dan *La-Nina* menyertai siklus Walker, dan (iii) efek *Dipole Mode*; perbedaan suhu permukaan laut di samudera Hindia equator (Tjasyono *et al.*, 2008). Efek monsun atau ‘angin muson’ (*monsoon*), timbul akibat perbedaan tekanan antar daratan (*continental air mass*) dan lautan (*maritime air mass*). Efek monsun menghasilkan pergerakan yang memiliki perbedaan arah yang tegas. Munson Asia (Nopember – Maret) berupa pergerakan udara lembab dari daratan Asia. Sesam-painya di zone equator berbelok arah ke kiri, sehingga dipersepsi sebagai angin barat (*westerly winds*) yang menimbulkan musim hujan di sebagian besar wilayah Indonesia. Arah sebaliknya adalah pergerakan udara kering dari samudera Pasifik yang semula adalah angin pasat tenggara (*south-east trade winds*), setelah menerobos Papua New Gini, dan melintasi wilayah Indonesia sebagai angin timur (*easterly winds*) menuju benua Asia. Angin ini menimbulkan musim kemarau selama bulan Mei Sampai Oktober (bulan transisi) di Indonesia (Patridge, *et al.*, 2002).

Efek interaksi atmosfer dan hidrosfer di Pasifik, yang menimbulkan siklus “timur-barat” atau siklus Walker (*Walker circulation*). Bila timbul daerah bertekanan maksimum atau suhu permukaan laut (SPL) rendah di perairan equator Pasifik Barat (pantai Peru) maka angin pasat tenggara akan menguat, dan bergerak mendorong uap air ke barat (IPCC, 2007). Sesampainya di wilayah timur Indonesia yang suhunya lebih tinggi, angin pasat tenggara tersebut akan bergabung dengan uap air yang lebih hangat sedemikian rupa sehingga mengalami pengangkatan di zone konvergen setempat, sehingga timbul hujan. Fenomena ini dikenal sebagai *La-Nina*. Sebaliknya jika suhu perairan timur Indonesia mengalami penurunan, maka timbul daerah bertekanan maksimum, sementara suhu perairan di Pasifik Barat lebih tinggi, menimbulkan daerah bertekanan minimum, sehingga terjadi pergerakan uap air menuju Pasifik Barat, yang selanjutnya mengalami pemansan dan bergerak ke atas, maka timbullah hujan ditempat tersebut (Partridge *et al.*, 2002). Fenomena ini dikenal sebagai *El-Nino*. Berdasar pada konsep sirkulasi Walker, dikembangkanlah salah satu parameter, yaitu *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO); ‘*El-Nino Osilasi selatan*’ atau Southern Oscillation Index (SOI); ‘Indeks Osilasi Selatan’. Parameter ENSO atau SOI termasuk yang paling umum digunakan sebagai dasar prakiraan iklim di wilayah Indonesia, karena dianggap sebagai salah satu faktor yang pengaruhnya sangat besar di sebagian besar wilayah tersebut (Patridge *et al.*, 2002).

Efek ke tiga adalah interaksi atmosfer dan biosfer di samudera Hindia, yang lazim disebut Dipole Mode (DM) atau Indian Ocean Dipole Mode (IOD). Dipole Mode menerangkan perbedaan temperature permukaan laut (TPL) antara pantai timur Afrika pada daerah  $50^{\circ} - 70^{\circ}$  BT;  $10^{\circ}$  LU –  $10^{\circ}$  LS dan perairan sebelah barat Sumatera ( $90^{\circ}$ -  $110^{\circ}$  BT;  $0^{\circ} - 10^{\circ}$  LS). Jika DM bernilai positif (+), berarti TPL di pantai timur Afrika lebih tinggi, maka timbul daerah bertekanan minimum, yang menyebabkan pergerakan uap air dari wilayah Indonesia yang TPLnya lebih rendah (tekanan udaranya lebih tinggi) ke wilayah Afrika. Akibatnya wilayah Indonesia kering. Sebaliknya jika DM negative ( - ) tekanan maksimum (TPL rendah) terjadi di perairan sebelah timur Afrika, sedangkan di Indonesia terjadi daerah bertekanan minimum (TPL tinggi). Akibatnya uap air akan bergerak dari perairan Afrika menuju wilayah Indonesia, sehingga menghasilkan lebih banyak hujan.

Selain faktor global di atas, juga terdapat faktor lokal yang mempengaruhi variasi iklim skala lokal (As-Syakur, et al., 2009). Wilayah kepulauan (*archipelago*) sangat kuat dipengaruhi oleh kondisi suhu permukaan laut yang berada di sekelilingnya dan anasir orografis, seperti keberadaan pegunungan (Partridge et al., 2002). Anasir orografis merupakan salah satu faktor yang menyebabkan uap air dan atau awan dapat terangkat (*lifting process*) ke ketinggian yang lebih tinggi. Selain itu hujan terjadi melalui mekanisme konveksi (*thermal convection*), pertemuan masa udara panas dan masa udara dingin (*frontal*), dan konvergensi (*convergence*) (Anonim, 2015).

Penyertaan faktor lokal dapat meningkatkan ketepatan (*precision*) hasil prakiraan sifat iklim lokal terutama sifat hujan lokal di wilayah kepulauan Indonesia. Diantara faktor-faktor tersebut di atas secara tegas dan jelas disebutkan bahwa suhu, dan tekanan, merupakan parameter fisika atmosfer dan atau biosfer yang lazim digunakan sebagai dasar dalam penentuan arah pergerakan, dan kecepatan pergerakan uap air (Tjasyono et al., 2008). Dengan demikian konsep dasar fisika dapat diterapkan untuk menjelaskan, bilamana, ke arah mana, dan dengan kecepatan berapa pergerakan tersebut berlangsung (Linacre dan Hobbs, 1977). Salah satu teorema fisika yang dapat diterapkan adalah analisis vektor (Boas, 1983), karena angin merupakan perwujudan dari udara yang berpindah, yang menghasilkan besaran vektor perpindahan (*displacement*), yang selain memiliki besar, juga arah perpindahan. Kecepatan (*velocity*) angin juga merupakan besaran vektor, karena selain memiliki besar juga arah (Fishbane, et al., 1993). Terpenuhinya syarat vektor pada poses pergerakan angin, maka pergerakan uap air dan awan yang menyertai arah dan kecepatan angin dapat diselesaikan melalui analisis vektor, diantaranya adalah: resultante (penjumlahan) vektor, perkalian vektor, uji ortogonalitas dua buah vektor, penetapan sudut dan arah vektor dan proyeksi vektor (Boas, 1983; Paul, et al., 1989). Luaran analisis vektor terhadap parameter perpindahan awan konvektif secara terapan dapat berupa perkiraan titik asal awan konvektif yang sampai di pulau Lombok. Adapun kaitannya dengan sifat hujan lokal dapat dilakukan melalui analisis lanjutan seperti, analisis korelasi (Walpole, 1974) terhadap peluang (*probability*) kejadian hujan (sebagai variabel tergantung) , dan beberapa variabel bebas seperti: suhu permukaan laut di zone asal awan konvektif, dan gradient suhu permukaan laut antara zone asal awan konvektif dan suhu permukaan laut di sekitar pulau Lombok.

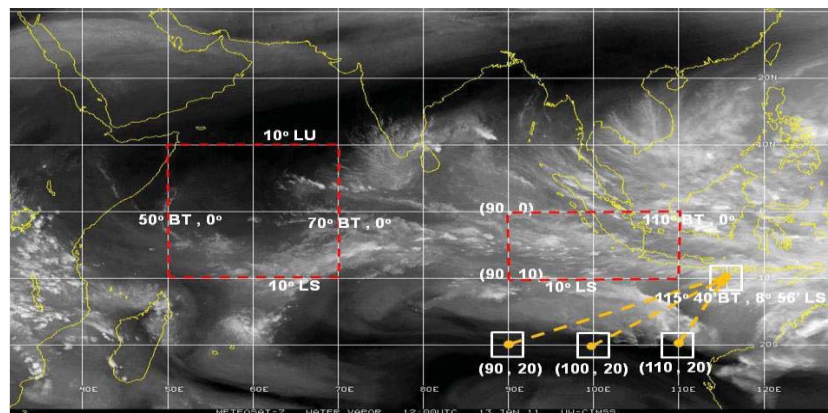
Tujuan kegiatan adalah: (1) menentukan asal awan konvektif secara analisis vektor, yang merupakan sumber hujan di pulau Lombok, (2) menentukan sudut arah vektor pergerakan awan konvektif di tempat asal bentukan awan, dan (3) menentukan gradient suhu permukaan laut (SPL)

antara zone asal bentukan awan konvektif dan SPL di perairan di sekitar pantai barat daya pulau Lombok.

Luaran kegiatan adalah: (1) penentuan posisi ordinat geografis asal bentukan awan konvektif yang menghasilkan hujan di pulau Lombok, dan (2) Ditemukannya fakta empiris adanya gradien suhu permukaan laut (SPL) antara posisi bentukan awan konvektif dan SPL di sekitar perairan di barat daya pulau Lombok. Kedua luaran tersebut merupakan modal dasar yang diterima secara ilmiah, sebagai parameter yang lazim digunakan dalam rekonstruksi suatu sistem prakiraan sifat hujan.

## 2, METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan dengan metode Deskriptif, yang mana untuk penelitian tahun pertama menggunakan data sekunder, yang diperoleh dari data satelit berupa: (i) peta digitasi pulau Lombok yang sekurang-kurangnya mencerminkan tiga pola yang berbeda kenampakan formasi awan konvektif yang terdistribusi di atas pulau Lombok. Formasi awan tersebut secara visual harus dapat menunjukkan asal muasalnya, (ii) data satelit suhu permukaan laut (SPL) yang terekam dari zone, bentukan awan kovektuf yang lokasi ordinat geografisnya berada di samudera Hindia, sebagaimana tertera pada Gambar 1. Posisi geografis dari zone tersebut, secara berturut-turut dari titik ordinat yang terjauh berada pada Bujur dan Lintang ( $90^{\circ}$  BT,  $15^{\circ}$  LS), selanjutnya berselang  $10^{\circ}$  ke arah bujur timur. Secara berturut-turut titik koordinat tersebut adalah: ( $90^{\circ}$  BT,  $15^{\circ}$ LS), ( $100^{\circ}$  BT,  $15^{\circ}$ LS), ( $110^{\circ}$  BT,  $15^{\circ}$ LS), sedangkan titik pengambilan SPL terdekat berada pada  $115^{\circ} 41'$  BT,  $8^{\circ} 56'$  LS (Gambar 1), yang merupakan SPL perairan samudera Hindia yang berhubungan langsung dengan perairan selat Lombok bagian selatan.



Gambar 1. Posisi Ordinat Asal Bentukan Awan Konvektif di Samudera Hindia: Quadrans Bergaris Putus Merah Adalah Zone Dipole Mode, dan Quadrans Berukuran Kecil Adalah Titik Pengambilan Data Suhu Permukaan Laut

Pada setiap titik tersebut dan pada titik ordianat ( $90^{\circ}$ BT - $10^{\circ}$ LS dicari data , kecepatan angin rerata per bulan, arah dominan angin rerata setiap bulan selama musim tanam, yaitu: Nopember, Desember, Januari, Februari, Maret, dan April. Data SPL akan diambil di empat zone yang vektor arah anginnya dinyatakan orthogonal atau mendekati sudut  $90^{\circ}$  terhadap vektor awan

di pulau Lombok. Sebagai zone pembanding adalah SPL di sekitar perairan pulau Lombok pada titik ordinat geografis  $115^{\circ} 40'$  BT,  $8^{\circ} 56'$  LS.

### **2.1. Akses Data via Internet**

Beberapa data sekunder akan diakses melalui situs resmi yang relevan dengan data yang dibutuhkan, seperti: Situs suhu permukaan laut:

<http://www.bom.gov.au/bmrc/mrlr/nrs/climocan.htm>.; <http://iri.ideo.columbia.edu/iri/>;

Situs yang terkait parameter Klimatologi di Indonesia:

Rainman International:

<http://www.dpi.qld.gov.au/climate> ; <http://www.nrm.qld.gov.au/longpdk/>

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika: <Http://www.bmg.go.id/>

Pusat Informasi Iklim Global:

Badan Administrasi Kelautan dan Atmosfer Amerika (NOAA):

[http://www.ogp.noaa.gov/enso/current\\_status.html](http://www.ogp.noaa.gov/enso/current_status.html).

Pusat Iklim Nasional Australia /BoM:

[http://www.bom.gov.au/climate/ahead/rain\\_ahead.shtml](http://www.bom.gov.au/climate/ahead/rain_ahead.shtml).

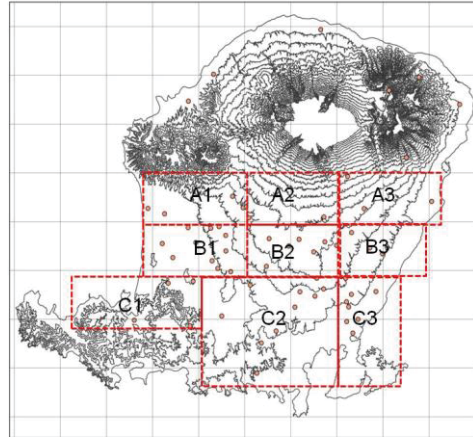
CSIRO: <http://www.dar.csiro.au/>

Selain itu data sekunder akan diperoleh dari BMKG- NTB berupa data radar yang menunjukkan titik inisiasi awan konvektif di wilayah barat daya pulau Lombok.

### **2.2. Uji Korelasi SPL dan Sifat Curah Hujan**

Pada tahun kedua akan dilakukan verifikasi hubungan antara SPL dengan sifat curah hujan dan distribusi hujan di pulau Lombok. Langkah ini merupakan tahap awal dalam rekonstruksi suatu sistem prakiraan sifat hujan lokal. Uji korelasi antara SPL pada setiap zone asal awan dengan data curah hujan dan distribusi hujan yang tercatat di 9 zone yang diwakili oleh nilai rata-rata curah hujan pada tiga strata ketinggian tempat di pulau Lombok, yaitu 3 stasiun curah hujan yang terletak di zone musim Lombok Barat, Tengah dan Timur bagian selatan pada ketinggian  $< 300$  m dpl, 3 stasiun curah hujan yang terletak pada zone Kodya Mataram, Lombok Barat bagian tengah, Lombok Tengah dan Lombok Timur bagian tengah pada ketinggian  $300 - 600$  m dpl., dan zone musim Lombok Barat, Tengah dan Timur pada ketinggian  $>600$  m dpl.

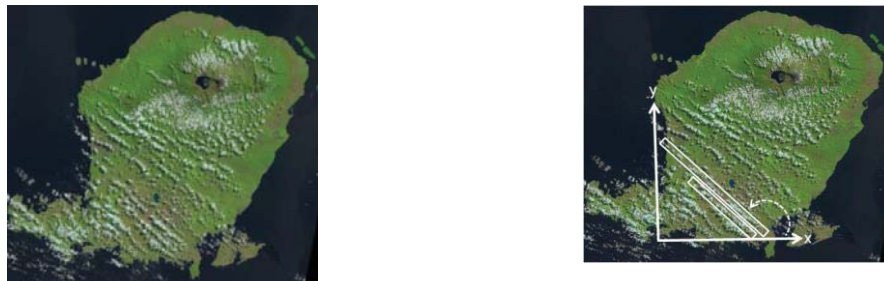
Gradien suhu dihitung dengan mengurangi SPL zone asal awan konvektif dan SPL di zone barat daya pulau Lombok ( $115^{\circ} 40'$  BT,  $8^{\circ} 56'$  LS). Nilai gradien suhu tersebut dikorelasikan dengan rerata curah hujan bulanan dalam musim tanam yang tercatat di 9 zone curah hujan, yaitu zone A<sub>1-3</sub>, zone B<sub>1-3</sub> dan zone C<sub>1-3</sub> (Gambar 2).



Gambar 2. Zone Curah Hujan Sebagai Data Verifikasi Korelasi SPL Gradian Suhu dan Sifat Curah Hujan di Pulau Lombok

### 2.3. Penentuan Arah Gugus Awan Secara Geometri

Vektor arah awan di atas pulau Lombok dilakukan melalui dua tahap, yaitu: (i) analisis geometri terhadap formasi sebaran awan berdasarkan foto satelit (Gambar 3 Kiri), (ii) digitasi koordinat geografis setiap gugus awan yang berada dalam satu baris (Gambar 3, Kanan), menurut hasil penetapan secara geometri. Digitasi dilakukan menggunakan program *Geographic Information System* (GIS), dan (iii) penentuan koefisien kemiringan garis ( $m$ ), dan penentuan arah kemiringan garis (tangensial). Berdasarkan nilai kemiringan garis ( $m$ ) untuk setiap formasi awan, maka dapat dicari persamaan garis masing-masing.



Gambar 3. Contoh Formasi Disrtibusi Awan Konvektif di Pulau Lombok (Kiri) dan Cara Penetapan Arah Pergerakan Gugus Awan Secara Geometri (Kanan)

Untuk menguji apakah formasi awan bersifat sejajar (*parallel*) satu sama lain, maka dilakukan uji proporsional antar persamaan garis (Boas, 1983; Paul, 1989). Misal dua vektor tersebut adalah formasi gugus awan A dan B berifat sejajar, maka secara proporsional berlaku (Boas, 1983; Paul, 1989):

$$\frac{Ax}{Bx} = \frac{Ay}{By} \quad (\text{dua dimensi}); \quad \frac{Ax}{Bx} = \frac{Ay}{By} = \frac{Az}{Bz} \quad (\text{tiga dimensi}) \dots\dots\dots [ 1 ]$$

$$B_x = B_y \qquad B_x \quad B_y \quad B_z$$

### 2.4. Analisis Vektor

Asumsi yang harus terpenuhi untuk dapat menerapkan analisis vektor pada penelitian ini, antara lain: (i) arah pergerakan awan konvektif mengikuti arah resultante pergerakan angin, dan (ii) kecepatan angin yang digunakan adalah nilai kecepatan rata-rata sebagai kecepatan tetap (*constant velocity*), (iii) angin yang mempengaruhi pergerakan awan konvektif berasal dari dua arah, yaitu angin barat yang bergerak dari barat ke timur pada musim hujan di wilayah Indonesia dan angin selatan, yaitu angin yang berasal dari pantai barat Australia bergerak ke arah utara, dan (iv) angin pembawa awan konvektif yang sampai di pulau Lombok merupakan vektor resultante dari vektor angin barat dan vektor angin selatan tersebut. Dengan demikian berlaku rumus penjumlahan vektor mengikuti hukum *parallelogram* Newton (Boas, 1983; Fogiel, 1986) untuk menentukan resultante vektor (**R**), sebagai berikut:

$$R = \sqrt{v_b I^2 + v_s I^2 + 2 \cdot v_b I \cdot v_s I \cos \alpha} \dots\dots\dots [2]$$

Dimana  $v_b I$  adalah besar vektor kecepatan rerata angin barat dan  $v_s I$  adalah besar vektor kecepatan rerata angin selatan. Sudut  $\alpha$  adalah sudut antara kedua vektor arah angin. Besar  $v_b I$  dan  $v_s I$  dihitung berdasarkan analisis komponen vektor, dalam hal ini terhadap sumbu-x dan-y, dimana komponen terhadap sumbu-x merepresentasikan arah vektor timur (+X) atau barat (-X) atau bujur, dan komponen terhadap sumbu-y merepresentasikan arah vektor ke utara (+X) atau selatan (-X) atau lintang. Besar vektor berdasar komponen dihitung dengan rumus:

$$v_b I = \sqrt{v_{xb} I^2 + v_{yb} I^2} \dots\dots\dots [3]$$

$$v_s I = \sqrt{v_{xs} I^2 + v_{ys} I^2} \dots\dots\dots [4]$$

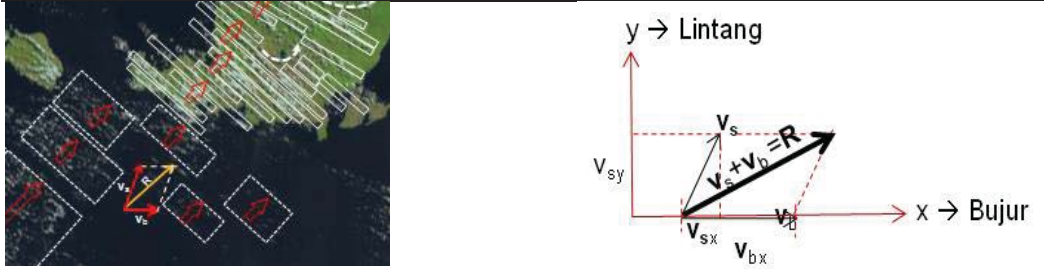
Dimana  $v_{xb}$  adalah komponen vektor kecepatan angin barat terhadap sumbu-X;  $v_{yb}$  adalah komponen vektor kecepatan angin barat terhadap sumbu-Y. Definisi yang sama berlaku untuk  $v_{xs}$  dan  $v_{ys}$ .

Arah resultante vektor (**R**) ditetapkan berdasarkan rumus perkalian skalar vektor (*dot product*) (Protter, *et al.* 1970; Boas, 1983), yaitu:

$$v_b \cdot v_s = v_b I \cdot v_s I \cos \alpha; \cos \alpha = \frac{v_b \cdot v_s}{v_b I \cdot v_s I} \dots\dots\dots [5]$$

Arah vektor resultante dinyatakan oleh besar sudut  $\alpha$  yang arahnya mengikuti konvensi vektor.

Sifat ortogonalitas (saling tegak lurus) dua vektor, juga diuji menggunakan perkalian skalar vektor (persamaan 5). Jika hasil perkalian skalar sama dengan nol, berarti sudut  $\alpha = 90^\circ$ , artinya kedua vektor saling tegak lurus. Uji sifat ortogonal akan dilakukan antara vektor formasi gugus awan di atas pulau Lombok dan vektor resultante (**R**) yang merupakan vektor perpindahan awan konvektif di atas samudera Hindia. Gambar 4 mengilustrasikan konstruksi vektor pergerakan awan konvektif di samudera Hindia barat daya yang mengarah ke pulau Lombok.



Gambar 4. Ilustrasi Konstruksi Vektor pergerakan Awan Konvektif: Pergerakan Awan di Atas Samudera Hindia (Kiri), dan Analisis Geometri Vektor Pergerakan Awan Konvektif (Kanan)

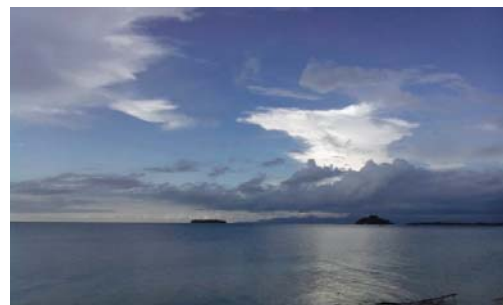
Vektor  $R$  dapat diuji sifat ortogonalnya dengan persamaan garis arah formasi gugus awan yang ada di pulau Lombok. Jika keduanya membentuk sudut  $90^\circ$  atau mendekati, maka kedua vektor tersebut bersifat orthogonal, atau saling tegak lurus. Makna terapan dari sifat orthogonal dua persamaan garis adalah, bahwa formasi gugus awan yang berjejer segaris lurus di pulau Lombok adalah berasal dari awan konvektif yang arah vektor pergerakannya ( $R$ ) saling tegak lurus atau mendekati sudut  $90^\circ$  terhadapnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Visualisasi Posisi Awan Konvektif di Lombok

Gambar 5-A mengilustrasikan sebuah posisi pertumbuhan awan konvektif teramati dari pantai Tanjung An yang terletak di pesisir selatan Lombok Tengah bagian selatan. Kenampakan awan pada posisi tersebut menandakan akan segera terjadi hujan di wilayah selatan Lombok Tengah.

Gambar 5-B diambil dari teluk Mekaki (Gambar 5-D: lingkaran) yang posisinya di pantai selatan semenanjung barat pulau Lombok. Posisi awan di barat daya.



Gambar 5-A. Rona Alam Pantai Selatan Lombok dan Kenampakan Asal Pergerakan Awan yang Berasal dari Barat Daya Pulau Lombok

Gambar 5-B. Kenampakan Awan Konvektif di Barat Daya Semenanjung Barat Pulau Lombok (Gambar diambil dari Teluk Mekaki) mengarah ke barat daya



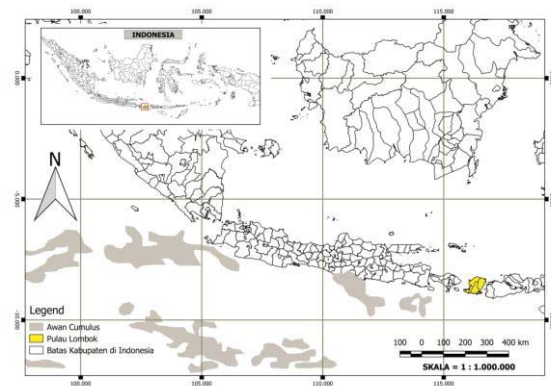
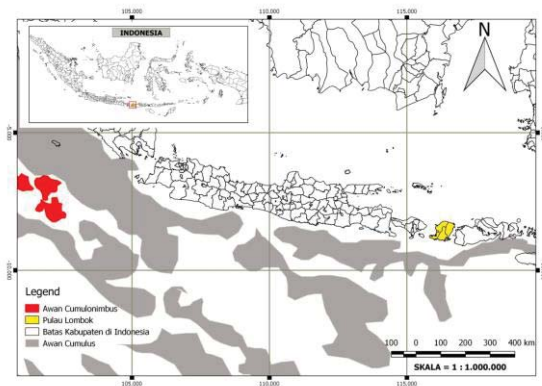
Gambar 5-C. Kenampakan dari Samping Pertumbuhan Awan Konvektif di Selatan Selat Lombok (Foto diambil dari Pesawat)

Gambar 5-D. Semenanjung Barat Bagian Selatan Pulau Lombok Sebagai Zone Orografis bagi Awan Konvektif Barat Daya

Gambar 5-C adalah kenampakan awan konvektif di selatan selat Lombok. Ketiga gambar tersebut tidak diambil dalam kurun waktu yang bersamaan, namun arah pengambilan gambar selalu ke posisi yang nisbi sama. Dengan kata lain Gambar 5-A, 5-B dan 5- C bukanlah awan yang sama pada waktu bersamaan, melainkan kenampakan awan konvektif di posisi yang sama, pada waktu yang berbeda.

### 3.2. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif di Barat Daya Pulau Lombok

Gambar 7 berikut ini memperlihatkan hasil digitasi zone awan konvektif yang berada di sekitar perairan samudera Hindia selatan pulau Lombok. Citra satelit pertumbuhan awan konvektif diamatai mulai awal musim penghujan pada musim tanam 2016/2017, dimulai bulan November 2016, sampai dengan akhir musim tanam bulan April, dilanjutkan pada bulan Mei dan Juni sebagai masa peralihan ke musim kemarau 2017. Awan konvektif bulan November ditampilkan pada Gambar 7-A.



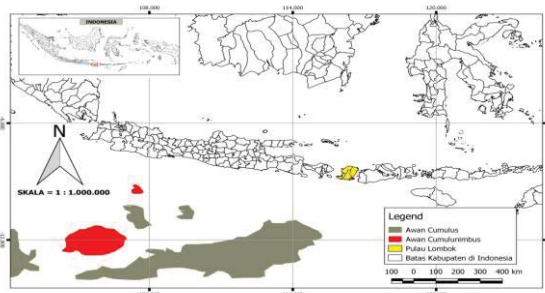
Gambar 7-A. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif di Barat daya Pulau Lombok pada Bulan Nopember 2016.

Gambar 7-B. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif di Barat daya Pulau Lombok pada Bulan Desember 2016

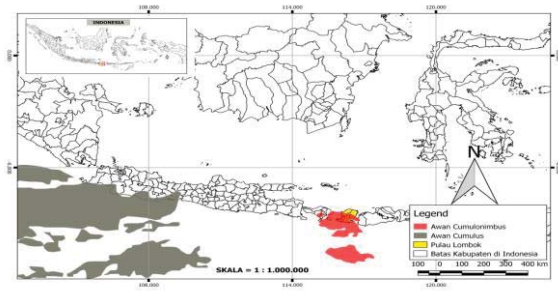
Bulan November merupakan puncak panas di pulau Lombok, bertepatan bulan ke 7 dalam sistem kalender masyarakat Sasak. Bulan tujuh adalah suatu periode dimana matahari telah mengalami kulminasi di atas pulau Lombok sebulan sebelumnya, yaitu pada bulan ke enam

kalender Sasak, bersesuaian dengan bulan Oktober tanggal 15 atau 16. Respon hidrosfir terhadap peningkatan suhu atmosfer dan suhu permukaan laut secara signifikan adalah terbentuknya awan konvektif secara merata di perairan samudera Hindia bagian elatan mulai dari sepanjang pantai selatan pulau Jawa, Bali, Lombok. Sumbawa dan Nusa Tenggara Timur. Formasi awan konvektif yang berpotensi mengarah ke pulau Lombok adalah awan yang tumbuh pada zone 105°- 110° BT; 12° – 15° LS, diikuti oleh formasi awan berikutnya yang berada pada zone 110° - 115° BT; 10° - 14° LS. Formasi awan konvektif yang lebih dekat dengan pulau Lombok berada pada zone 115°- 116° Bt; 9° – 10° LS (Gambar 7-A).

Gambar 7-B menunjukkan suatu kondisi dimana di sekitar perairan barat daya pulau Lombok pada periode akhir minggu pertama ke minggu kedua bulan Desember 2016 tidak tampak keberadaan awan-awan konvektif. Dengan kata lain langit di barat daya pulau Lombok tampak relatif cerah dari biasanya. Awan konvektif dalam jumlah relatif kecil hanya nampak pada jarak yang jauh pada zone 102°-110° BT; 10°-15° LS. Kondisi keawanan seperti ini bersesuaian waktunya dengan suatu fenomena yang berlangsung pada periode jeda hujan (*dry spell*) di wilayah pulau Lombok. Pada periode menjelang fase hari hujan, (*wet spell*), pertumbuhan awan konvektif berlangsung lebih intensif dan zone penyebarannya telah memasuki rentang 110° - 115° BT; 9° – 10°LS (Gambar 7-C) Hal ini teramati pada periode pertengahan Desember sampai awal bulan Januari 2017. Sejak awal bulan Januari pertumbuhan awan konvektif terus berlanjut di zone efektif (110° -115° BT; ≥ 10° LS) (Gmbar 3-C).

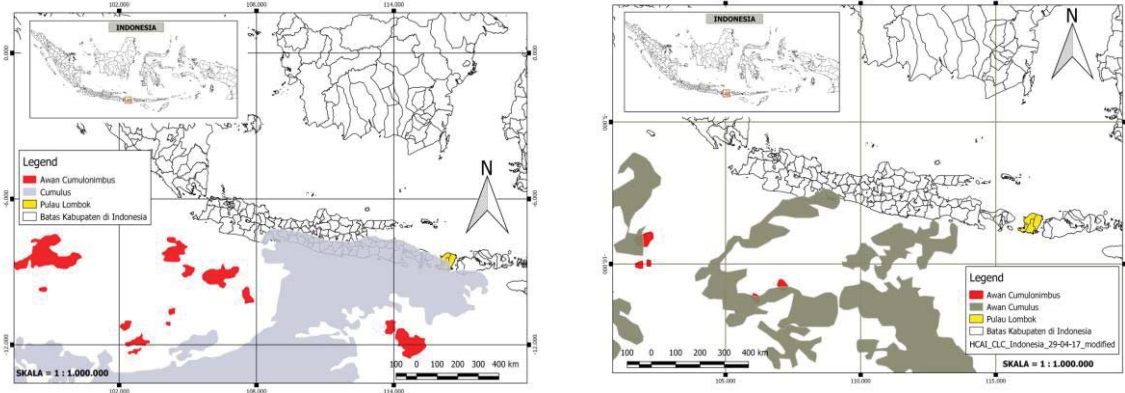


Gambar 7-C. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif di Barat daya Pulau Lombok pada Bulan Januari 2017.



Gambar 7-D. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif di Barat daya Pulau Lombok pada Bulan Februari 2017

Pertumbuhan awan terus berlanjut, dan memasuki bulan Februari, dimana awan konvektif tipe kumululus nimbus telah berada , yang merupakan wilayah pulau Bali dan Lombok (Gambar 7-D). Periode ini bersesuaian dengan periode puncak musim penghujan yang diawali dari bulan Januari. Pada bulan Maret 2017 telah teramati suatu suasana, dimana langit di perairan selatan terlindungi secara menyeluruh oleh awan konvektif tipe kumululus. Awan tersebar secara meluas dari perairan selatan Jawa Tengah, Bali sampai Sumbawa Barat. Secara geografis penyebarannya dari 109° – 114,5° BT; 8° – 15° LS (Gambar 7-E). Pada periode yang sama teramati awan kumululus nimbus berkembang di sekitar pantai utara Australia pada posisi 114,5° BT; 12° LS.



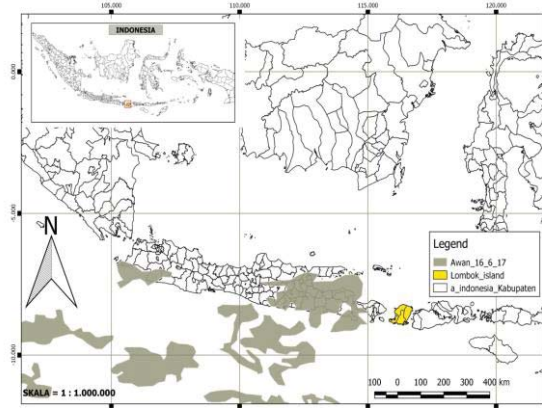
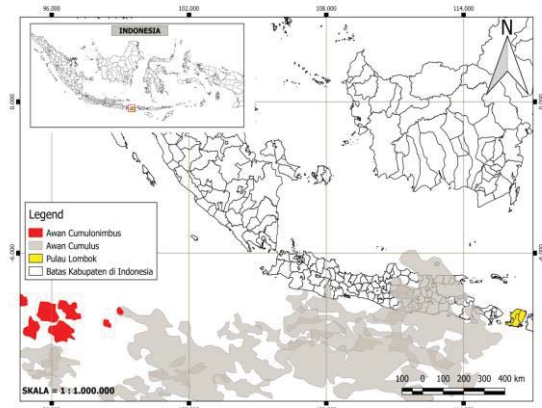
Gambar 7-E. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif pada Bulan Maret 2017

Gambar 7-F. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif pada Bulan April 2017

Pola penyebaran awan sebagaimana yang tertera pada Gambar 7-E secara analisis vektor hanya berpeluang terjadi jika tercapai suatu keadaan keseimbangan antara laju kecepatan angin yang berasal dari pantai Barat Australia dengan kecepatan angin yang berasal dari arah barat atau angin muson barat (*monsoon westerly wind*). Perpaduan antara kedua angin dengan kecepatan yang relatif sama ini inilah yang memungkinkan bagi awan konvektif untuk terdorong dan tersebar secara merata mendekati pantai selatan pulau Jawa, Bali dan sebagian Nusa Tenggara Barat. Sebaliknya jika terjadi keadaan dimana salah satu angin berbeda arah tersebut melemah maka akan terjadi perubahan pola penyebaran awan. Jika angin yang berasal dari arah Barat melemah, maka penyebaran awan akan berada di wilayah perairan selatan bagian barat. Pada keadaan seperti ini, meskipun awan konvektif tetap tumbuh di zone efektif  $110^{\circ} - 115^{\circ}$  BT;  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  LS, namun tidak dapat menyumbangkan uap air atau menimbulkan curah hujan di wilayah pulau Lombok. Fenomena ini teramati pada bulan April yang merupakan masa transisi ke musim kemarau, dimana sebagian besar awan konvektif berada di sebelah barat ( $< 115^{\circ}$  BT) (Gambar 7-F)

Memasuki awal musim kemarau, pada bulan Mei, distribusi awan konvektif terus bergeser ke arah barat menjauhi perairan pulau Lombok. Kini awan konvektif yang berasal dari pantai barat Australia lebih banyak menyebar menjangkau sebagian besar perairan di selatan pulau Jawa dan Bali (Gambar 7-F).

Pada awal bulan Mei bersesuaian dengan bulan satu kalender Sasak yang merupakan awal musim kemarau di pulau Lombok. Arah angin muson yang semula ke timur, berbalik arah ke barat, sebagai angin Timur. Konsekwensinya adalah, bahwa hujan yang terjadi setelah masa transisi dan memasuki musim kemarau di wilayah Lombok, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur berasal dari awan konvektif yang tumbuh di perairan utara Australia Utara (Gambar 7-G dan 7-H). Awan konvektif ini mencapai wilayah Indonesia Timur atas bantuan dari adanya perpaduan (*resultane*) antara angin yang berasal dari daratan Australia mengarah ke utara dan angin dari wilayah samudera Pasifik ke arah Barat. Perpaduan dari kedua arah angin inilah yang membawa uap air dan menimbulkan hujan berintensitas rendah di wilayah NTB, dan NTT pada masa peralihan sampai dengan awal musim kemarau



Gambar 7-G. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif pada Bulan Mei 2017

Gambar 7-H. Peta Digitasi Posisi Awan Konvektif pada Bulan Juni 2017

Jika kedua angin tersebut membawa cukup uap air, maka hujan beintensitas rendah berpotensi terjadi selama musim kemarau, tetapi jika kedua, atau salah satu angin tersebut berkelembaban rendah, (angin kering) maka akan menimbulkan kemarau kering di sebagian besar wilayah Indonesia bagian Timur (Gambar 7-H).

## SIMPULAN DAN REKOMENDASI

### 4.1. Simpulan

Berdasarkan data dan hasil analisis, maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan tentatif sebagai berikut:

1. Awan konvektif yang menimbulkan hujan di pulau Lombok berasal dari perairan samudera Hindia sebelah barat Australia pada zone  $110^{\circ} - 115^{\circ} \text{ BT}; \geq 10^{\circ}$
2. Pada periode puncak musim hujan, bulan Januari dan Februari zone bentukan awan konvektif berjarak lebih dekat di barat daya pulau Lombok, sebelah selatan selat Lombok, pada ordinat  $115^{\circ} - 116,5^{\circ} \text{ BT}$ , dan  $8,5^{\circ} - < 10^{\circ} \text{ LS}$

### 4.2. Rekomendasi

Karakterisasi sifat hujan di pulau Lombok sebaiknya dilakukan dengan melakukan pemindaian asal dan zone pertumbuhan awan konvektif sebagai zone efektif sumber awan penghasil hujan.

## DAFTAR REFERENSI

- Anonim, 2002. Nasioanl Action Program for Combating Land Degradation in Indonesia. Ministry of Forestry. Jakarta. 28p.
- Anonim, 2011. Laporan Sintesis: Kajian Resiko dan Adaptasi terhadap Perubahan Iklim Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta. 81p.
- Anonim, 2015. Atmospheric Stability and Instability. [http://ocw.usu.edu/Forest\\_Range\\_and\\_Wildlife\\_Science/](http://ocw.usu.edu/Forest_Range_and_Wildlife_Science/). Diunduh 23 Maret 2015.
- As-Syakur, A.R., 2007. Identifikasi Hubungan Fluktuasi Nilai SOI terhadap Curah Hujan Bulanan di Kawasan Batukaru Bedugul, Bali. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Udayana. *Jurnal Bumi Lestari*, Vol. 7. No. 2. Agustus 2007. p 123-129.
- As-Syakur, A.R., 2009. Evaluasi Zone Agroklimat dari Klasifikasi Schmidt-Ferguson Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Udayana. *Jurnal Pijar. MIPA*, Vol. III No. 1, Maret 2008. p: 17-22.
- As-Syakur, A.R., I.W. Nuarsa, dan I.N. Sunarta, 2011. Pemutahiran Peta Agroklimat Klasifikasi Oldeman di Pulau Lombok dengan Aplilaksi Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia*. p: 79-87.
- Boas, M.L.,1983. *Mathematical Method in Physical Science*. John Wiley and Sons, Inc. Canada. 793p.
- Chakravaerthy, Y.K., and A. Ajit Tyagi, 1998. Study of Hadley Cell Over Asian Region Under Changing Climate. Indian Meteorological Department, and Ministry of Earth Sciences. New Delhi-India.
- Fishbane, P.M., S. Gassiorawicz, and S.T. Thornton, 1993. *Physics for Scientist and Engineers*. Extended version. Prentice Hall Inc. New Jersey. 1377p
- Fogiel, M., 1986. *The Linear Algebra Problem Solver*. Research and Education Association. New York. 1011p.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Group I, II,III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [ core writing team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (eds)] IPCC. Geneva. Switzerland. 104 p
- Irawan, B.,2006. Fenomena Anomali Iklim El-Nino dan La-Nina: Kecendrungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya terhadap Produksi Pangan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, Volume 24 No.1, Juli 2006. p: 28-45.
- Lall, U., B. Rajagopalan, and D.G. Tarboto, 1996. A nonparametric wet/dry spell model for sampling daily precipitation. *Water Resources Research*, Vol. 32, No. 9. p:2803 – 2823
- Linacer, E. Hobbs, J., 1977. *The Austalian Climate Environment*. John Wiley and Sons. Brisbane. 354p.
- Mahrup, I. Yasin, M.H. Idris, M. Siddik dan A. Ripaldi., 2012. Penerapan “Warige” pada bidang Iklim I Nusa Tenggara Barat. Arga Puji Press. Mataram-Lombok. 113p.

- Mangaraj, A.K., I.N. Sahoo, and M.k. Sukla, 2013. A Markov chain analysis of daily rainfall Occurance at Eastern Orissa of India. *Journal of Reliability and Statistical Study*. Vol. 6, Issue 1 (2013). p:77-86.
- Mathugama, S.C. and T.S.G. Peiris, Critical evaluation of dry spell Research. *International Basic of Applied Science*, Vol. 11, No. 06. p:153-160
- Mathlouthi, M., and F. Lebdi, 2012. Characterization of the events of dry spell in a Basin Northern Tunisia. <http://creativecommons.org/licences/by/3.0>. Diunduh tanggal 15 Juni 20014.
- Partridge, I.J., M. Ma'shum, 2002. Will it rain ?; The effect of Southern Oscillation and El-Nino in Indonesia. Publishing Services, DPI. Brisbane. 50p.
- Paul, R.S., and M.L. Shaevel, 1989. *Essential of Technical Mathematics with Calculus*. 2<sup>nd</sup> Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey. 1165p.
- Protter. M., dan C.B. Morrey, 1970. *Calculus with Analytic Geometry*. Addison Wesley Publishing Company. USA. 547p.
- Ratan, R., and V. Venugopal, 2003. Wet and dry spell characteristic of global tropical rainfall. Center for Atmospheric and Oceanic Sciences. Indian Institute of Science. Bangalore.
- Ravindran, C.D., 2014. Use of rainfall analysis in the planning and management of rainfed cotton. Technical Bulletin No. 15. Central Institute for Cotton esearch. Nagpur.
- Runtuuwu E, dan Syahbuddin H., 2005. Global Analysis of the Relationship between Precipitation and Vegetation Dynamics Derived from NOAA/AVHRR-NDVI . *J. Agromet* , Vol. 19 (1), p: 1-11.
- Serrano, S.M.V., and B. Portugues, 2003. Estimating extrim dry spell risk in the Middle Ebro valley (Northeastern Spain): Comparative analysis of partial duration series with general Pareto distribution and annual maxima series with a Gumbel distribution. *International Journal of Climatology*. Vol. 23, p:1103-1118.
- She, D. and J. Xia, 2013. The spatial and temporal analysis of dry spells in the Yellow River Basin , China. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* Vol. 7. p:29-42
- Sharma, A., and I.M.D. Dehradun, G. B. Pant , P. Panwar, D. Punetha, R. Verma, and B. Naudiyal, 1998. Signals of Climate change detected from monthly rainfall and temperature data of Uttarakhand. Doon University. Dehradun.
- Suciantini, dan Boer, R., 2006. Evaluasi Prakiraan Curah Hujan BMG: Studi Kasus Kabupaten Indramayu. *J. Agromet Indonesia* 20(1)::34-43 2004. PERHIMPI. Bogor. p:36-52.
- Tjasyono, B.H.K., S.W.B. Harijono, I. Juaeni dan Ruminta, 2008. Pengaruh Interaksi Kopel Atmosfer-Samudera Pasifik dan Hindia Equatorial terhadap Curah Hujan di Indonesia. Makalah Simposium Meteorologi Pertanian VII. 15-16 Januari 2008 di Jakarta.
- Vicente-Serrano, M., , and S. B. 'IA-Portugu, 2003. Estimating Extreme Dry-Spell Risk in The Middle Ebro Valley (North eastern Spain): A Comparative Analysis of Partial Duration Series with a General Pareto Distribution and Annual Maxima Series with a Gumbel Distribution. *Int. J. Climatol.* 23: 1103–1118 (2003)

- 
- Walpole, R.W., 1974. Introduction to Statistics. 2<sup>nd</sup> Ed. MCMillan Publishing Co. Inc. Mew York. 340p
- Yasin, I, M.H. Idris, Mahrup, M. Siddik, dan A. Ripaldi, 2012. Kompilasi Sistem warige dengan Souther Oscillation Index (SOI) dan Sea Surfase Temperature (SST) sebagai Model Prakiraan Variasi Iklim Lokal di Nusa Tenggara Barat. Laporan Akhir Penelitian Ristek, Kerjasama Lembaga Penelitian UNRAM dan Kementrian Ristek RI- Tahun 2011-2012. Mataram.