

# EVALUASI KEHANDALAN SIMULASI INFORMASI PRAKIRAAN IKLIM MUSIMAN MENGGUNAKAN METODE ROC

(Kasus ZOM 126 Denpasar)

Yunus S. Swarinoto

Peneliti Madya Bidang Klimatologi

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, JAKARTA

e-mail: [yunusbmkg@live.com](mailto:yunusbmkg@live.com).

## ABSTRACT

*The accuracy of seasonal rainfall prediction using Relative Operating Characteristic (ROC) had been done for Seasonal Forecast Area (SFA) 126 Denpasar. Based on 10-day rainfall data, the onset of rainy season observation could properly be determined. The onset of rainy season simulation or prediction was provided by using the Monte Carlo simulation method based on normal distribution assumption. The predictors used are Nino34 SST anomaly, IODM SST anomaly, and Indonesia SST anomaly for July. The predictant in this case is onset of rainy season. The onset of rainy season in SFA 126 Denpasar commonly occurs the 29<sup>th</sup> of 10-day based on 1981-2000 data series. Giving a 10-day tolerance, the average of rainy season onset occurs between 28<sup>th</sup> – 30<sup>th</sup> of 10-day as a Normal onset. Rainy season onset occurrences before 28<sup>th</sup> - 30<sup>th</sup> of 10-day is considered as Early (E) onset. Others are designated as Later (L) onset. Further step, based on contingency tables of E and L onsets, ones are able to compute the values of Hit Rates (HR) and False Alarm Rates (FAR). The area below ROC curve shows the accuracy of the onset of rainy season prediction. Results show that accuracy of rainy season onset prediction in SFA 126 Denpasar is 75% for Early onset and 74% for Later onset.*

**Key words:** 10-day, False Alarm Rate, Hit Rate, Onset, ROC, Seasonal, SFA

## ABSTRAK

*Evaluasi keandalan simulasi informasi prakiraan iklim musiman dengan menggunakan metode Relative Operating Characteristic (ROC) dilakukan di ZOM 126 Denpasar. Data dasar yang digunakan adalah awal musim hujan yang diturunkan dari data total hujan dasarian. Awal musim hujan simulasi ditentukan berdasarkan pada simulasi Monte Carlo menggunakan distribusi normal terhadap data prediktor untuk bulan Juli (anomali suhu permukaan laut Nino34, anomali suhu permukaan laut IODM, anomali suhu permukaan laut wilayah Indonesia) dan sebagai prediktan adalah awal musim hujan dasarian. Awal musim hujan observasi rata-rata di ZOM 126 Denpasar diketahui jatuh pada dasarian 29. Untuk normal awal musim hujan digunakan toleransi 1 (satu) dasarian, sehingga normal terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar adalah dasarian 28-30. Kejadian awal musim hujan sebelum dasarian 28-30 ditentukan sebagai lebih cepat terjadi (Early Onset, E). Sebaliknya jika awal musim hujan terjadi setelah dasarian 28-30 ditentukan sebagai lebih lambat terjadi (Later Onset, L). Luas kurva di bawah garis ROC ditengarai sebagai tingkat keandalan prakiraan awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar. Hasil menunjukkan bahwa tingkat keandalan simulasi prakiraan awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar diperoleh 75% untuk terjadinya awal musim hujan lebih cepat (E) dan 74% untuk terjadinya awal musim hujan lebih lambat (L).*

**Kata kunci:** Dasarian, False Alarm Rate, Hit Rate, Awal musim, ROC, Musiman, SFA

---

Naskah masuk : 13 September 2010

Naskah diterima : 15 November 2010

---

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu unsur iklim, maka presipitasi yang dihasilkan oleh atmosfer di wilayah tropis pada umumnya berwujud curah hujan (*rainfall*)<sup>1)</sup>. Curah hujan ini sangat memegang peran utama berkaitan dengan masalah pertanian (*agriculture*). Namun demikian, tidaklah mudah untuk memperoleh gambaran tentang perilaku curah hujan di seluruh wilayah tropis. Kondisi ini berhubungan dengan tidak adanya lokasi pengamatan yang cukup di daratan maupun lautan wilayah tropis<sup>9)</sup>. Akibatnya kadang-kadang gambaran tentang curah hujan di wilayah tropis tidak benar-benar menggambarkan kondisi yang sebenarnya. Salah satu peran curah hujan di Indonesia adalah sebagai unsur iklim utama dalam menyiapkan informasi prakiraan iklim musiman.

Informasi prakiraan iklim musiman disiapkan dimaksudkan untuk dapat memberikan informasi kondisi iklim musiman mendatang yang diharapkan akan terjadi dalam kurun waktu prediksi tertentu. Utamanya prakiraan iklim musiman yang disajikan secara operasional oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) berbasis pada prakiraan wilayah Zona Musim (ZOM). Di seluruh wilayah Indonesia terdapat 220 wilayah ZOM dan 73 wilayah Non-ZOM<sup>2)</sup>. Satu di antaranya adalah ZOM 126 Denpasar yang digunakan dalam tulisan ini.

Di negara maju kajian tentang penggunaan informasi prakiraan iklim musiman sudah berkaitan dengan nilai ekonomi<sup>4)</sup>. Bahkan penggunaan informasi iklim musiman telah ada di sekitar tahun 1950an. Sementara itu di negara sedang berkembang seperti Indonesia, kajian tentang informasi penggunaan informasi iklim musiman termasuk masih baru, khususnya sekitar dasawarsa terakhir. Hal ini berhubungan dengan semakin membaiknya tingkat kemampuan dan keandalan informasi prakiraan iklim musiman tersebut. Kondisi ini berkaitan dengan semakin berkembangnya teknologi prakiraan iklim musiman, kemampuan dan ketersediaan sarana komputasi, dan semakin baiknya jaringan pengamatan global di seluruh dunia.

Kini pemanfaatan informasi iklim musiman akan memberikan keuntungan ekonomi. Hal ini dapat berlaku asal informasi iklim musiman yang disiapkan memiliki keandalan yang tinggi. Selain itu pihak pengguna informasi iklim musiman juga harus menggunakan secara terus-menerus dengan konsisten. Mengingat keuntungan ekonomi biasanya tidak dapat diperoleh dalam jangka waktu pendek, melainkan dapat dirasakan setelah melalui jangka waktu panjang. Artinya, keuntungan ekonomi bagi para pengguna informasi prakiraan iklim musiman baru akan terwujud dalam jangka waktu panjang.

Kondisi tersebut di atas berkaitan dengan kemampuan dan keandalan informasi prakiraan iklim musiman yang tinggi sehingga tingkatan frekuensi benar informasi prakiraan iklim musiman yang disiapkan memiliki frekuensi yang lebih banyak dibanding dengan frekuensi informasi prakiraan iklim musiman yang salah. Sehingga evaluasi tingkat keandalan dari informasi prakiraan iklim musiman menjadi sangat penting. Bahkan hasil evaluasi tersebut harus disampaikan kepada para pengguna informasi prakiraan iklim musiman secara terbuka<sup>4)</sup>.

Untuk melakukan evaluasi prakiraan iklim musiman dapat digunakan berbagai macam cara. Baik dilakukan dengan cara statistik, dinamik, maupun gabungan antara statistik-dinamik. Salah satu cara operasional evaluasi prakiraan iklim musiman yang disarankan oleh World Meteorological Organization (WMO) adalah menggunakan Relative Operating Characteristic (ROC) diagram<sup>6)</sup>.

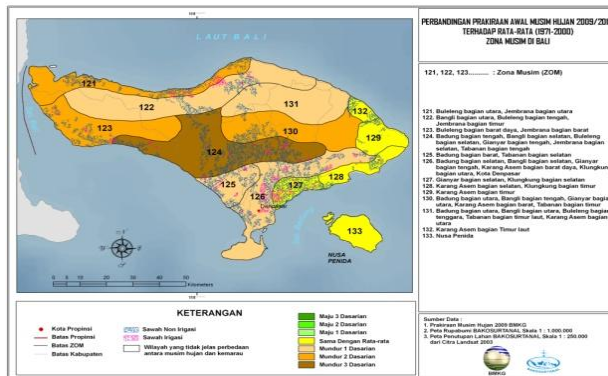
ROC digunakan untuk mentransformasi prakiraan probabilistik ke dalam kategori “Ya” dan “Tidak” yang didasarkan pada suatu batas probabilitas kritis<sup>7)</sup>. ROC pada dasarnya merupakan metode yang sangat fleksibel untuk menilai tingkatan kemampuan informasi prakiraan iklim musiman. Baik yang bersifat deterministik, kontinyu, maupun peluang atau probabilitas<sup>8)</sup>. Dalam hal ini ROC mampu menggambarkan berapa besar peluang suatu prakiraan tersebut tidak benar. Metode ini pernah dicoba diaplikasikan di Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur<sup>3)</sup>.

Kaitan antara terjadinya awal Musim Hujan (prediktan) dengan kondisi Anomali Suhu Permukaan Laut Nino34, Anomali Suhu Permukaan Laut Lautan India, dan Anomali Suhu Permukaan Laut Wilayah Indonesia (prediktor) secara serentak pernah dicoba dilakukan<sup>10)</sup>. Hasilnya menunjukkan bahwa “time lag” terbaik adalah 1 (satu) bulan mendahului awal Musim Hujan di ZOM 126 Denpasar, yakni jatuh pada bulan Juli. Kondisi ini dicerminkan oleh nilai R<sup>2</sup> terbesar yang didapat dalam pengolahan data.

### 1.2 Tujuan

Tulisan ini memaparkan cara dan hasil evaluasi keandalan prakiraan awal musim (*onset of season*) hujan untuk lokasi ZOM 126 Denpasar. Metode yang digunakan adalah metode Relative Operating Characteristic (ROC) diagram. Sementara itu nilai probabilitas prediksi awal musim hujan disusun berdasarkan pada asumsi distribusi normal dengan menggunakan simulasi probabilitas Monte Carlo<sup>12)</sup>.

### 1.3 Daerah Studi

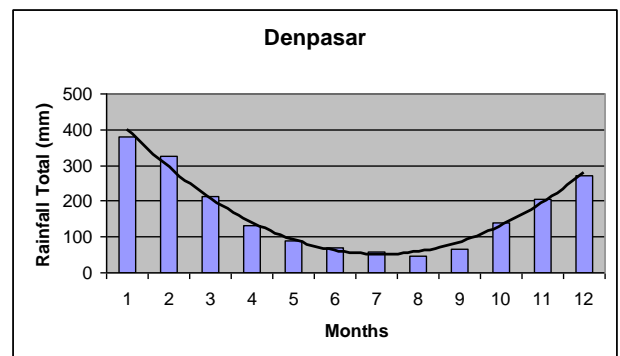


Gambar 1.1. Daerah studi ZOM 126 Denpasar dan sekitar ( Sumber: BMKG<sup>2)</sup>)

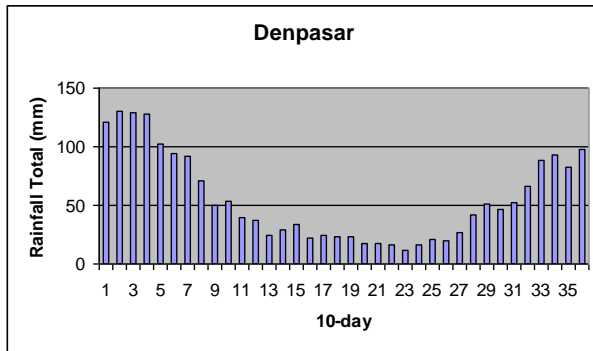
Dalam tulisan ini, daerah studi yang dipilih untuk penelitian adalah Zona Musim (ZOM) 126 Denpasar<sup>2)</sup>. Lokasi ini meliputi antara lain wilayah kabupaten-kabupaten Badung bagian selatan, Bangli bagian selatan, Gianyar bagian tengah, Karangasem bagian baratdaya, Klungkung bagian utara, dan Kota Denpasar (**Gambar 1.1**). Lokasi ini dipandang dapat mewakili tempat-tempat dengan pola total hujan bulanan monsunial.

Pola total hujan bulanan monsunial memiliki ciri adanya satu puncak (maksimum) dan satu lembah (minimum) total hujan bulanan dalam satu tahun kalender. Bahkan sering pula disebut berbentuk huruf ”V”<sup>11)</sup>. Lembah total hujan bulanan ini biasanya terjadi pada pertengahan tahun yang sedang berjalan seiring dengan terjadinya puncak Musim Kemarau (MK). Sementara itu puncak total hujan bulanan berlangsung bersamaan dengan terjadinya Musim Hujan (MH). Selanjutnya gambaran tentang pola total hujan monsunial di ZOM 126 Denpasar dapat dilihat pada **Gambar 1.2**.

Mengacu pada kriteria penentuan musim hujan operasional yang digunakan oleh BMKG<sup>2)</sup>, yakni total hujan bulanan sebesar 150 mm atau lebih, maka pada lokasi Denpasar memiliki rata-rata panjang Musim Kemarau (MK) berlangsung selama 7 bulan dan panjang Musim Hujan (MH) berlangsung selama 5 bulan. Kondisi ini diperoleh berdasarkan pada series data 1974 - 2007. Puncak total hujan bulanan pada umumnya berlangsung pada bulan Januari dan lembah total hujan bulanan terjadi pada umumnya pada bulan Agustus (**Gambar 1.2**).



Gambar 1.2. Pola total hujan bulanan monsunial di ZOM 126 Denpasar, MK 7 bulan, MH 5 bulan ( Sumber: Swarinoto and Makmur<sup>10)</sup>)



Gambar 1.3. Pola total hujan dasarian di ZOM 126 Denpasar dengan series 1974-2007 ( Sumber: Swarinoto and Makmur<sup>10)</sup>)

## II. DATA

- Series data total hujan harian di ZOM 126 Denpasar digunakan untuk memperoleh series data total hujan dasarian. Tahun series data yang digunakan adalah 1974 – 2007. Selengkapannya data total hujan dasarian dapat dilihat pada **Tabel 1**.
- Data awal musim hujan hasil observasi di ZOM 126 Denpasar dihitung berdasarkan acuan operasional yang digunakan oleh BMKG. Sementara itu data probabilitas berlangsungnya awal musim hujan simulasi diperoleh dengan menggunakan distribusi normal pada simulasi probabilitas Monte Carlo.

## III. METODE

3.1 Menentukan terjadinya awal musim hujan observasi setiap tahunnya berdasarkan series data yang tersedia 1974-2007. Persyaratan yang digunakan adalah batasan operasional yang digunakan oleh BMKG<sup>2)</sup>, yakni total hujan dasarian sebesar 50 mm yang diikuti oleh minimal 2 (dua) dasarian berturutan.

Tabel 2. Kategori awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar (Sumber: Pengolahan Data)

No.	Keterangan	Dasarian
1	Lebih Cepat (Earlier Onset, E)	< D28
2	Normal Onset, N	D28 – D30
3	Lebih lambat (Longer Onset, L)	> D30

3.2 Menghitung rata-rata terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar dengan cara melakukan rata-rata total hujan dasarian dalam series 1974-2007. Persistensi total hujan dasarian rata-rata yang kurang dari 50 mm/ dasarian diberi tanda sebagai Musim Kemarau. Batasan panjang Musim Kemarau rata-rata diberi tanda boks. Dasarian pertama setelah tanda boks di sebelah kanan ditentukan sebagai **Awal Musim Hujan (D29)**.

3.3 Berdasarkan pada awal Musim Hujan rata-rata di ZOM 126 Denpasar (D29), kemudian diberikan batas toleransi  $\pm 1$  (satu) dasarian. Sehingga batasan normal terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar dapat diperoleh. Sebagai contoh jika rata-rata awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar terjadi pada dasarian ke 29 (D29), maka batasan lebih cepat (Early Onset, E), normal (Normal Onset, N), dan lebih lambat (Later Onset, L) terjadinya awal musim hujan di sana menjadi seperti dalam Tabel 2.

3.4 Melakukan simulasi prediksi probabilitas terjadinya awal musim hujan menggunakan distribusi normal dengan simulasi probabilitas Monte Carlo. Akibatnya besarnya nilai prosentase terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar dapat diketahui sesuai dengan series data yang ada.

3.5 Menyusun table kontingensi<sup>13)</sup> antara hasil informasi prakiraan iklim musiman (simulasi) dan hasil observasi lapang (observasi), yang terdiri atas: Hits (h), False Alarms (f), Misses (m), dan Correct Negatives (c).

Tabel 3a. Tabel kontingensi untuk verifikasi sistem informasi prakiraan iklim musiman biner ( Sumber: **Mason and Graham** <sup>8)</sup>)

OBS\SIM	Y	TY
Y	Y-Y	Y-TY
TY	TY-Y	TY-TY

Di mana:

Y = Ya;

TY = Tidak Ya;

Y-Y = prakiraan (simulasi) Y dan observasi Y (Hits, h);

Y-TY = prakiraan TY tetapi observasi Y (Misses, m)

TY-Y = prakiraan TY tetapi observasi Y (False Alarms, f);

TY-TY = prakiraan TY tetapi observasi TY (Correct Negatives, c);

Lebih lanjut Tabel 3a dapat juga ditulis juga dengan menggunakan nilai-nilai h, f, m, dan c seperti dalam Tabel 3b.

Tabel 3b. Tabel kontingensi lanjutan untuk verifikasi system informasi prakiraan iklim musiman biner ( Sumber: **Mason and Graham** <sup>8)</sup>)

OBS\SIM	Y	TY
Y	h	m
TY	f	c

Selanjutnya cara menghitung Hit Rates (HR) atau Probability of Detection (POD) dan False Alarm Rates (FAR) atau Probability of False Detection (POFD) adalah sebagai berikut:

$$HR = \frac{h}{(h+m)} \dots \dots \dots (3.1)$$

Nilai HR dimaksudkan untuk menunjukkan berapa bagian dari kejadian “Y” yang diperkirakan dapat benar terjadi dengan tepat “Y”. Nilai HR memiliki selang 0 sampai dengan 1. Skor sempurna adalah 1. Artinya jika nilai HR semakin mendekati nilai 1 berarti informasi prakiraan iklim musiman yang disajikan semakin baik.

$$FAR = \frac{f}{(h+f)} \dots \dots \dots (3.2)$$

Nilai FAR dimaksudkan untuk menunjukkan berapa bagian yang diperkirakan “Y” tetapi dalam kenyataannya terjadi “TY”. Nilai FAR memiliki selang antara 0 hingga 1. Skor sempurna adalah 0. Artinya jika informasi prakiraan iklim musiman memiliki nilai FAR mendekati 0, maka informasi prakiraan iklim musiman tersebut semakin baik.

3.5 Menghitung banyaknya kejadian HR dan FAR untuk setiap kelompok nilai probabilitas dari 100%, 90%, ..... , 0%. Persamaan (3.1) digunakan untuk menghitung nilai HR dan persamaan (3.2) digunakan untuk menghitung nilai FAR.

3.6 Menyusun kurva ROC dengan cara melakukan plotting antara False Alarm Rates (FAR) sebagai absis versus Hit Rates (HR) sebagai ordinat. Luasan di bawah kurva ROC ditengarai sebagai nilai keandalan prakiraan simulasi awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar.

Tabel 1. Data total hujan dasarian ZOM 126 Denpasar  
(Sumber: BMG, 2008)<sup>2)</sup>

Tahun	Apr	May			Jun			Jul			Aug			Sep			Oct			
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1974	16	6	3	0	49	27	14	26	21	0	0	0	1	1	0	44	10	98	211	11
1975	153	48	138	37	21	4	0	0	5	2	0	6	66	19	0	25	17	8	47	65
1976	1	7	12	13	1	0	0	0	6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	21
1977	32	0	0	22	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0
1978	21	13	1	0	38	169	150	144	54	153	18	61	21	33	88	98	104	166	61	3
1979	0	0	0	24	73	113	16	0	107	1	0	61	114	4	0	10	2	22	8	9
1980	18	55	75	0	8	38	2	18	5	6	36	12	7	21	41	17	0	7	1	0
1981	30	15	36	9	92	7	47	24	17	94	93	4	10	36	9	6	23	114	68	5
1982	32	55	85	0	5	5	0	23	0	0	0	0	2	11	41	0	0	0	3	6
1983	18	31	77	51	92	146	23	17	6	46	6	3	11	14	7	0	10	26	16	259
1984	105	69	37	86	58	66	20	32	31	34	8	51	58	4	19	32	191	22	69	1
1985	33	16	14	1	5	77	31	12	114	4	12	25	27	16	11	7	27	6	0	0
1986	98	63	42	4	0	46	16	22	85	24	1	20	41	5	28	16	41	32	77	38
1987	2	2	17	92	32	2	8	1	67	4	78	8	3	0	35	4	0	29	43	13
1988	35	6	10	20	34	3	9	20	0	16	7	3	58	12	17	35	11	9	2	17
1989	58	30	60	10	12	9	7	114	31	15	37	35	0	6	83	25	0	10	4	41
1990	20	21	50	49	49	63	18	14	20	5	46	24	1	10	33	54	11	2	2	0
1991	49	92	56	12	8	11	5	13	2	3	31	38	2	1	2	41	2	1	0	0
1992	27	46	22	2	0	14	13	0	4	8	8	13	5	6	1	53	3	69	260	75
1993	44	16	17	30	5	31	15	21	31	18	9	5	10	20	0	8	14	27	116	89
1994	10	37	96	46	13	0	31	5	3	4	8	7	10	0	0	0	0	0	15	0
1995	185	42	20	8	60	22	10	10	36	33	4	13	1	11	2	27	5	12	0	39
1996	13	71	1	3	79	5	21	0	0	34	3	4	46	44	12	14	0	0	103	149
1997	14	47	31	3	10	1	3	5	0	2	20	4	0	5	1	0	0	0	3	0
1998	0	27	20	10	19	34	14	23	7	39	4	27	1	16	21	35	30	65	35	171
1999	230	141	51	26	19	0	23	14	87	36	85	32	6	25	23	18	4	17	16	341
2000	90	122	78	47	76	101	40	76	15	4	1	36	6	7	0	2	4	6	7	101
2001	124	32	13	30	1	1	67	61	37	2	12	14	0	4	11	9	1	19	17	56
2002	14	67	10	0	5	4	0	5	15	0	4	9	0	9	7	0	7	16	2	0
2003	129	20	48	109	0	25	0	24	2	0	1	30	0	4	9	2	90	8	73	10
2004	53	0	25	61	6	93	3	0	51	0	33	0	11	0	0	3	10	0	14	3
2005	180	11	8	1	2	6	8	11	10	20	37	9	12	36	41	1	0	0	6	92
2006	73	134	36	46	10	0	0	15	4	0	2	0	0	8	0	0	0	0	5	1
2007	102	161	47	13	4	1	2	8	22	2	0	0	32	7	1	0	1	0	1	55
	59	44	36	25	26	33	19	23	23	21	18	16	16	12	16	18	18	24	38	50

Tabel 4a. Nilai probabilitas simulasi awal Musim Hujan di ZOM 126 Denpasar  
(Sumber: Pengolahan Data)

Tahun	OBS			SIM		
	AMH	ONSET	ONSET	E	N	L
1974	27	E	N	0	84	16
1975	29	N	N	3	92	5
1976	36	L	L	0	3	97
1977	34	L	L	0	9	91
1978	24	E	N	24	75	1
1979	32	L	L	0	49	51
1980	32	L	N	2	94	4
1981	27	E	E	76	24	0
1982	35	L	L	0	0	100
1983	29	N	L	0	9	91
1984	26	E	N	15	85	0
1985	30	N	N	10	90	0
1986	28	N	N	0	89	11
1987	31	L	L	0	0	100
1988	30	N	E	100	0	0
1989	30	N	E	100	0	0
1990	34	L	N	0	96	4
1991	32	L	L	0	0	100
1992	27	E	N	27	67	6
1993	28	N	L	0	2	98
1994	35	L	L	0	2	98
1995	31	L	N	21	78	1
1996	28	N	E	80	20	0
1997	32	L	E	79	20	1
1998	27	E	E	97	3	0
1999	29	N	N	38	62	0
2000	29	N	N	0	93	7
2001	29	N	N	5	70	25
2002	33	L	L	0	16	84
2003	32	L	L	0	31	69
2004	33	L	L	0	38	62
2005	33	L	N	28	65	7
2006	37	L	L	0	11	89
2007	35	L	N	2	76	22

Keterangan: OBS = Observasi; SIM = Simulasi

Jika luasan kurva ROC bernilai lebih kecil atau sama dengan 50% artinya prakiraan iklim musiman yang disajikan dan dievaluasi tidak memiliki keandalan yang memadai. Kondisi prakiraan iklim musiman tersebut dinamakan sebagai *no-skill*. Semakin luas luasan di bawah kurva ROC, maka semakin tinggi tingkat keandalan informasi prakiraan iklim musiman yang dievaluasi tersebut. Khususnya semakin dekat kurva ROC ke bagian pojok kiri atas (<http://www.ecmwf.int.>, 2010)<sup>7)</sup> berarti informasi prakiraan iklim musiman yang dievaluasi memiliki skill semakin tinggi.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Nilai Probabilitas Simulasi

Nilai probabilitas terjadinya awal Musim Hujan di ZOM 126 Denpasar diperoleh dengan mengaplikasikan simulasi Monte Carlo untuk series data 1974-2007. Nilai probabilitas dimaksud didapat untuk semua peluang, yakni dari peluang 100% hingga peluang 0%. Batasan nilai probabilitas terjadinya awal musim hujan (dalam ordo dasarian) adalah lebih awal ( $E < 28$ ), normal ( $N 28-30$ ), dan lebih lambat ( $L > 30$ ) sesuai dengan rujukan yang tertera pada Tabel 2. Hasil secara keseluruhan nilai peluang dapat dilihat pada Tabel 4a. Selanjutnya hasil untuk setiap nilai peluang kritis dari 100% hingga 0% disajikan pada Tabel 4b untuk berlangsungnya awal musim hujan lebih cepat dan table 4c untuk berlangsungnya awal musim hujan lebih lambat di ZOM 126 Denpasar.

Putusan terhadap terjadinya awal musim hujan hasil simulasi di ZOM 126 Denpasar ditentukan berdasarkan pada nilai prosentase probabilitas terbesar pada kolom E, N, ataupun L. Sebagai contoh pada tahun 1974, nilai probabilitas terbesar terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar adalah 0% untuk E, 84% untuk N, dan 16% untuk L. Berarti hasil simulasi prakiraan terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar adalah N atau Normal.

Tabel 4b. Tabulasi peluang kritis untuk terjadinya awal musim hujan yang berlangsung **lebih cepat (Early Onset, E)** di ZOM 126 Denpasar (Sumber: Pengolahan Data)

P = 100%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	0	6	6
TE	2	26	28
Total	2	32	34
P = 90%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	1	5	6
TE	2	26	28
Total	3	31	34
P = 80%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	1	5	6
TE	3	28	31
Total	4	33	37
P = 70%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	2	4	6
TE	4	24	28
Total	6	28	34
P = 60%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	2	4	6
TE	4	24	28
Total	6	28	34
P = 50%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	2	4	6
TE	4	24	28
Total	6	28	34
P = 40%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	2	4	6
TE	4	24	28
Total	6	28	34
P = 30%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	2	4	6
TE	5	23	28
Total	7	27	34
P = 20%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	4	2	6
TE	7	21	28
Total	11	23	34
P = 10%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	5	1	6
TE	8	20	28
Total	13	21	34
P = 0%			
SIM			
OBS	E	TE	Total
E	6	0	6
TE	28	0	28
Total	34	0	34

Tabel 4c. Tabulasi peluang kritis untuk terjadinya awal musim hujan yang berlangsung **lebih lambat (Later Onset, L)** di ZOM 126 Denpasar (Sumber: Pengolahan Data)

P = 100%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	3	14	17
TL	0	17	17
Total	3	31	34
P = 90%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	6	11	17
TL	2	15	17
Total	8	26	34
P = 80%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	8	9	17
TL	2	18	20
Total	10	27	37
P = 70%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	8	9	17
TL	2	15	17
Total	10	24	34
P = 60%			
SIM			
SIM	L	TL	Total
L	10	7	17
TL	2	15	17
Total	12	22	34
P = 50%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	11	6	17
TL	2	15	17
Total	13	21	34
P = 40%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	11	6	17
TL	2	15	17
Total	13	21	34
P = 30%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	11	6	17
TL	2	15	17
Total	13	21	34
P = 20%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	12	5	17
TL	3	14	17
Total	15	19	34
P = 10%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	12	5	17
TL	5	12	17
Total	17	17	34
P = 0%			
SIM			
OBS	L	TL	Total
L	17	0	17
TL	17	0	17
Total	34	0	34

## 4.2 Nilai HR dan FAR

Untuk ZOM 126 Denpasar, maka nilai HR ditentukan dengan menggunakan persamaan (3.1) dan nilai FAR ditentukan dengan menggunakan persamaan (3.2). Nilai HR dan FAR diperoleh untuk setiap terjadinya awal musim hujan, baik yang terjadi lebih awal (Early Onset, E) maupun yang terjadi lebih lambat (Later Onset, L). Nilai HR dan FAR diperoleh untuk setiap prosentase probabilitas (dari 100%, 90%, 80%, ..... dan seterusnya hingga 0%). Nilai HR dan FAR diperoleh sesuai dengan series data 1974-2007 yang tersedia dan disajikan secara lengkap pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai HR dan FAR untuk terjadinya awal musim hujan Early Onset (E) dan Later Onset (L) di ZOM 126 Denpasar (Sumber: Pengolahan Data)

Prob (%)	EARLY ONSET		LATER ONSET	
	HR	FAR	HR	FAR
100	0.000	0.071429	0.176	0
90	0.167	0.071429	0.353	0.117647
80	0.167	0.096774	0.471	0.1
70	0.333	0.142857	0.471	0.117647
60	0.333	0.142857	0.588	0.117647
50	0.333	0.142857	0.647	0.117647
40	0.333	0.178571	0.647	0.117647
30	0.333	0.178571	0.647	0.117647
20	0.667	0.25	0.706	0.176471
10	0.833	0.285714	0.706	0.294118
0	1.000	1	1.000	1

Berdasarkan pada hasil yang tertera pada Tabel 5 ini, selanjutnya dibuat kurva ROC.

## 4.3 Kurva ROC

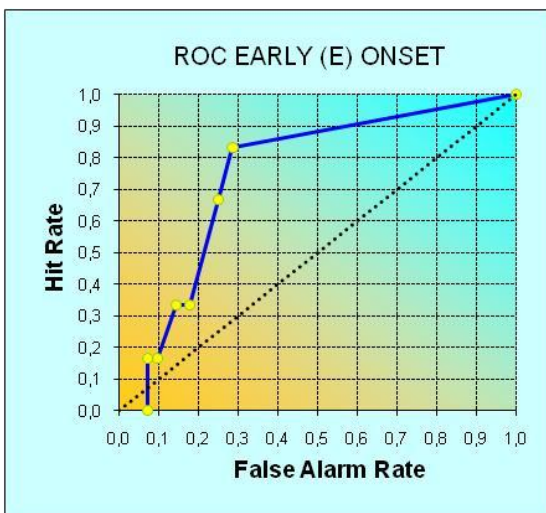
Kurva ROC diperoleh dengan cara melakukan plotting antara nilai FAR sebagai absis dan nilai HR sebagai ordinat. Nilai FAR dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2) dan nilai HR dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2). Untuk ZOM 126 Denpasar diperoleh hasil Kurva ROC seperti disajikan pada Gambar 4.1 untuk terjadinya awal musim hujan lebih cepat (E), Gambar 4.2 untuk terjadinya awal musim hujan lebih lambat (L), dan Gambar 4.3 merupakan gabungan antara kurva E dan kurva L.



#### 4.3.1 Awal Musim Hujan Lebih Cepat

Berlangsungnya awal musim hujan yang lebih cepat daripada normalnya (dasarian 28-30) atau awal musim hujan yang berlangsung lebih cepat daripada batas dasarian 28 di ZOM 126 Denpasar disebut sebagai Earlier Onset (E). Kondisi E pada ZOM 126 Denpasar disajikan pada Gambar 4.1.

Luasan di bawah kurva ROC Earlier Onset dihitung memiliki nilai sebesar 75 bagian atau 75% untuk prakiraan awal musim hujan yang berlangsung lebih cepat daripada normalnya. Tingkat keandalan prakiraan awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar menggunakan asumsi terdistribusi normal dengan simulasi prakiraan Monte Carlo bila awal musimnya lebih cepat dari normalnya memiliki keandalan sebesar 0.75 selama series data 1974-2007. Berarti jika informasi prakiraan iklim musiman digunakan secara konsisten terus-menerus di ZOM 126 Denpasar, maka para pengguna sepanjang series data yang tersedia atau kurun waktu 1974-2007 memiliki probabilitas keuntungan ekonomi rata-rata sebesar 0.75.

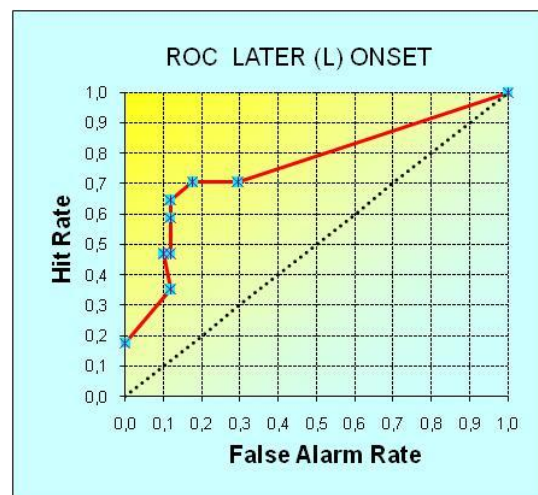


Gambar 4.1. Kurva ROC terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar yang berlangsung lebih cepat (Early Onset, E) (Sumber: Pengolahan Data)

#### 4.3.2 Awal Musim Hujan Lebih Lambat

Terjadinya awal musim hujan yang berlangsung lebih lambat daripada normalnya (dasarian 28-30) atau awal musim hujan yang berlangsung melebihi batas dasarian 30 di ZOM 126 Denpasar disebut sebagai Later Onset (L). Kondisi L disajikan pada Gambar 4.2.

Luasan di bawah kurva ROC Later Onset dihitung memiliki nilai sebesar 74 bagian atau 74% untuk prakiraan awal musim hujan yang berlangsung lebih lambat daripada normalnya (dasarian 28-30). Tingkat keandalan prakiraan awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar menggunakan asumsi terdistribusi normal dengan simulasi prakiraan Monte Carlo bila awal musimnya lebih lambat dari normalnya memiliki keandalan sebesar 0.74 selama series data 1974-2007. Berarti jika informasi prakiraan iklim musiman digunakan secara konsisten terus-menerus di ZOM 126 Denpasar, maka para pengguna sepanjang series data yang tersedia atau kurun waktu 1974-2007 memiliki probabilitas keuntungan ekonomi rata-rata sekitar 0.74.

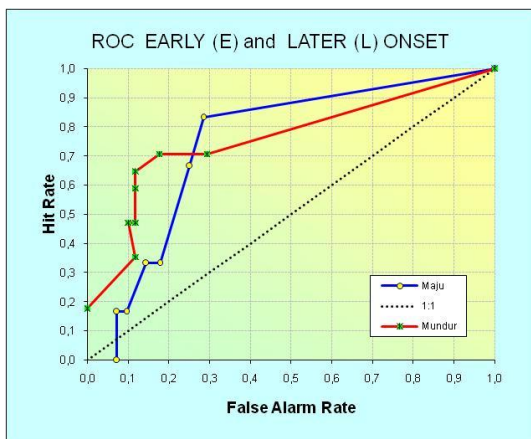


Gambar 4.2. Kurva ROC terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar yang berlangsung lebih lambat (Later Onset, L) (Sumber: Pengolahan Data)

### 4.3.3 Kurva Gabungan

Kurva ROC Earlier Onset (E) dan kurva ROC Later Onset (L) untuk series data 1974-2007 pada ZOM 126 Denpasar secara gabungan disajikan dalam Gambar 4.3.

Luasan di bawah kurva ROC gabungan dihitung memiliki nilai sekitar 79 bagian atau 79%. Artinya jika informasi prakiraan iklim musiman yang disajikan digunakan oleh para pengguna secara terus-menerus dalam kurun waktu 1974-2007, baik untuk kondisi kondisi lebih awal dan lebih lambat berlangsungnya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar, maka para pengguna informasi prakiraan iklim musiman ini akan merasakan keuntungan ekonomi sebesar sekitar 79%. Berarti menggunakan informasi prakiraan iklim musiman di ZOM 126 Denpasar akan selalu memperoleh keuntungan rata-rata sebesar 0.79 selama kurun waktu 34 tahun (1974-2007).



Gambar 4.3. Kurva ROC terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar secara gabungan yang berlangsung lebih cepat (Early Onset, E) dan yang berlangsung lebih lambat (Later Onset, L) (Sumber: Pengolahan Data).

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

- Data anomali suhu permukaan laut Nino34, anomali suhu permukaan laut IODM, anomali suhu permukaan laut wilayah Indonesia sebagai predictor mempunyai kontribusi nyata dalam penyusunan informasi prakiraan iklim musiman di ZOM 126 Denpasar.

- Simulasi Monte Carlo yang diaplikasikan untuk menghitung nilai probabilitas terjadinya awal musim hujan di ZOM 126 Denpasar memiliki kontribusi yang signifikan dalam penyusunan informasi prakiraan iklim musiman.
- Evaluasi informasi prakiraan iklim musiman menggunakan Relative Operating Characteristic (ROC) di ZOM 126 Denpasar menunjukkan hasil relative signifikan bagi para pengguna. Untuk berlangsungnya awal musim hujan yang lebih cepat (E) daripada normalnya terdapat rata-rata probabilitas kehandalan prediksi musim awal hujannya sebesar 0.75 selama kurun waktu 1974-2007. Sementara itu untuk terjadinya awal musim hujan yang berlangsung lebih lambat (L) daripada normalnya terdapat rata-rata probabilitas kehandalan prediksi musim awal hujannya sebesar 0.74. Sementara itu gabungan probabilitas keduanya E dan L menghasilkan rata-rata probabilitas keuntungan ekonomi sebesar 0.79.
- Probabilitas berlangsungnya awal musim hujan lebih cepat (E) dan awal musim hujan lebih lambat (L) memiliki tingkat kehandalan yang relatif sepadan untuk ZOM 126 Denpasar selama kurun waktu 1974-2007.
- Penggunaan informasi prakiraan iklim musiman secara terus-menerus dan konsisten di ZOM 126 Denpasar dalam kurun waktu yang panjang akan memberikan probabilitas keuntungan ekonomi bagi para pemakainya.

### 5.2 Saran

- Masih perlu penambahan data prediktor yang mempunyai kaitan erat dengan kondisi iklim musiman di ZOM 126 Denpasar. Mengingat data anomaly suhu permukaan laut Nino34, anomaly suhu permukaan laut IODM, dan anomaly suhu permukaan laut wilayah Indonesia didapat dalam skala global. Karena masih ada data lain seperti indeks monsoon, indeks Osilasi Selatan, dan nilai-nilai yang dapat berkontribusi pada kejadian iklim musiman di ZOM 126 Denpasar. Diharapkan data prediktor tambahan dapat meningkatkan kehandalan informasi prakiraan iklim

musiman di ZOM 126 Denpasar sehingga probabilitas keuntungan ekonomi dari penggunaan informasi prakiraan iklim musiman juga bertambah.

- Aplikasi teknik prediksi probabilitas dengan simulasi Monte Carlo ini perlu dicoba dilakukan pada lokasi lain yang memiliki karakteristik berbeda dengan ZOM 126 Denpasar seperti misalnya lokasi yang bergunung-gunung, lokasi yang berada di tengah pulau besar, lokasi yang berada di Belahan Bumi Utara, lokasi dengan pola hujan yang berlainan, dan lain-lain. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi tingkat keandalan teknik prediksi probabilitas ini di lokasi-lokasi yang lebih beragam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- <sup>1)</sup>Barry R.G. and Chorley R.J., 1998. *Atmosphere, Weather, and Climate*. Seventh Edition. London: Routledge Publisher, ISBN 0-415-16020-0, 409 hal.
- <sup>2)</sup>BMG, 2008. *Prakiraan Musim Hujan 2008/2009 di Indonesia*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika, 92 hal.
- <sup>3)</sup>Boer R., 2005. *Pendekatan Strategis Taktis dan Operasional Dalam Mengurangi Risiko Iklim di Kupang Nusa Tenggara Timur*. Paper disajikan dalam Seminar Pelembagaan Informasi Ramalan Iklim Untuk Mengatasi Dampak Bencana Iklim, kerjasama CARE Internasional dan Pemda Provinsi Kupang, 21-22 Juni 2005, 14 hal.
- <sup>4)</sup>Boer R., 2006. *Metode Mengevaluasi Keandalan Model Prakiraan Musim*. Paper disajikan dalam acara Pelatihan Downscaling Model, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta, 16-18 September 2006, 9 hal.
- <sup>5)</sup>Goldman L.I., 2002. *Crystall Ball Professional Introductory Tutorial*. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, pp. 1539-1545.
- <sup>6)</sup><http://www.bom.gov.au>, 2010. *ROC Score*. Akses 23 Januari 2010.
- <sup>7)</sup>[Http://www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int), 2010. *The Relative Operating Characteristics (ROC) Diagram*. Akses 23 Januari 2010.
- <sup>8)</sup>Mason S.J. and Graham N.E., 1999. *Conditional Probabilities, Relative Operating Characteristics, and Relative Operating Levels*. American Meteorological Society, hal.: 713-725.
- <sup>9)</sup>Nieuwolt S., 1977. *Tropical Climatology: An Introduction to the Climates of the Low Latitudes*. Chichester: John Wiley and Sons, ISBN 0-471-99406-5, 207 hal.
- <sup>10)</sup>Swarinoto Y.S. and Makmur E.E.S., 2009. *Simulasi Prediksi Probabilitas Awal Musim Hujan Dan Panjang Musim Hujan Di ZOM 126 Denpasar*. Jakarta: Bul. MKG Vol. 5 No. 4 Desember 2009, 17 hal.
- <sup>11)</sup>Tjasyono B. 1999. *Klimatologi Umum*. Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung, 317 hal, ISBN 979-8591-86-0.
- <sup>12)</sup>Tjong W.F., 2001. *Aplikasi Statistik Ekstrim dan Simulasi Monte Carlo Dalam Penentuan Beban Rencana Pada Struktur Dengan Umur Guna Tertentu*. Dimensi teknik Sipil, Vol. 3, No. 2, September 2001, pp.: 84-88, ISSN 1410-9530.
- <sup>13)</sup>Wilks D.S., 1995. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction*. San Diego: Academic Press Inc., ISBN 0-12-751965-3, 467 hal



