

*Skripsi Geofisika*

**VERIFIKASI PROBABILISTIK PREDIKSI ENSO MODEL DINAMIK  
OPERASIONAL IRI (INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE)**



**OLEH :**

**DEWI PUTRIYANI RACHMAT**

**H221 14 020**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2017**

*Skripsi Geofisika*

**VERIFIKASI PROBABILISTIK PREDIKSI ENSO MODEL DINAMIK  
OPERASIONAL IRI (INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE)**



**OLEH :**

**DEWI PUTRIYANI RACHMAT**

**H221 14 020**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2017**

**VERIFIKASI PROBABILISTIK PREDIKSI ENSO MODEL DINAMIK  
OPERASIONAL IRI (INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE)**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Program Studi Geofisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**OLEH :**

**NAMA : DEWI PUTRIYANI RACHMAT**

**STANBUK : H221 14 020**

**PROGRAM STUDI : GEOFISIKA**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**VERIFIKASI PROBABILISTIK PREDIKSI ENSO MODEL DINAMIK  
OPERASIONAL IRI (INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE)**

**DEWI PUTRIYANI RACHMAT**

**H221 14 020**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Makassar,

November 2017

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

**Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.Sc**  
NIP. 1963030151987101001

**Nur Hasanah, S.Si, M.Si**  
NIP. 198311222009122001

## ABSTRAK

Penelitian ini mengarah pada analisis keakuratan prediksi dengan kemampuan probabilistik untuk model dinamik (KNU, NCEP, dan AVEDyn) terhadap data observasi dalam meramalkan ENSO. Data observasi dan prediksi ENSO dimulai dari Agustus-September-Oktober (ASO) 2006 hingga musim Juni-Juli-Agustus (JJA) 2017 dalam rentang waktu 12 tahun. Metode yang digunakan yaitu metode *Relative Operating Characteristics* (ROC) untuk menghitung *Area Under Curve* (AUC) dengan menggunakan Interval Wilson. Dari hasil penelitian keakuratan prediksi probabilistik diperoleh bahwa model NCEP dan AVEDyn lebih baik dibandingkan model KNU. Adapun hasil grafik nilai AUC dan ketidakpastiannya menunjukkan bahwa setiap model tidak saling berbeda signifikan.

***Kata Kunci*** : *Verifikasi, Probabilistik, Prediksi, ENSO, Model, Dinamik, ROC, AUC, Interval, Wilson*

## ABSTRACT

This research lead to the analysis of the accuracy of predictions with the ability of probabilistic for dynamic model (KNU, NCEP, and AVEDyn) to the data observation in ENSO forecasting. Observation and prediction data started from August-September-October (ASO) 2006 to season June-July-August (JJA) 2017 in time range 12 years. The method used in this study was the method of Relative Operating Characteristics (ROC) to calculate the Area Under the Curve (AUC) using the interval Wilson. From the prediction of accurate research probabilistic obtained that the model NCEP and AVEDyn were better than the model KNU. As for the results of the graph value AUC and uncertainty showed that every model was not mutually different significant.

**Keyword :** *Verification, Probabilistic, Prediction, ENSO, Model, Dynamic, ROC, AUC, Interval Wilson*

## KATA PENGANTAR



Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala Puji hanya milik Allah ﷻ yang ditangannya tergegnam nyawa seluruh mahluk semesta alam, yang Maha Kekal sebelum segala sesuatu ada, dan akan tetap Kekal setelah segala sesuatunya tiada. Shalawat dan salam kepada banginda Rasulullah ﷺ, Kekasih Allah juga para ahlul bait dan para sahabat-sahabat beliau yang senantiasa kita rindukan perjumpaan dengannya. Hanya dengan taufiq dan hidayahnya penulis dapat meyelesaikan skripsi yang berjudul “**Verifikasi Probabilistik Prediksi ENSO Model Dinamik Operasional IRI (*International Research Institute*)**”. Dalam penulisan skripsi ini, penulis dengan segala keterbatasan, kemampuan dan pengetahuan dapat melewati segala hambatan serta masalah berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkan penulisi mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan setinggi-tingginya untuk orang tua penulis : Ayahku **Drs. Muh. Rachmat Azis M.Si** dan Ibuku **Nurhandayani** yang telah membesarkan dengan penuh kasih sayang dan senantiasa selalu mendoakan yang terbaik untuk masa depan penulis. Terima kasih juga penulis ucapkan untuk Adik-adikku **Muh. Faiq Qushayyi** dan **Ahmad Ali Fikri**, dan Kakak **Muh. Arif Saputra** yang telah menemani, membantu dan selalu memberikan support kepada penulis. Serta keluarga besar yang senantiasa memberikan memotivasi dan menasehati penulis.

Tidak lupa pula penulis sampaikan terima kasih kepada ;

1. Bapak **Prof. Dr. H. Halmar Halide, M.Sc** selaku pembimbing utama yang dengan tulus dan sabar memberikan bimbingan serta sebagai Penasehat Akademik yang banyak memberikan nasehat kepada penulis.

2. Ibu **Nur Hasanah, S.Si., M.Si** selaku pembimbing pertama yang dengan sabar, serta menuntun penulis hingga selesainya skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Sakka, M.Si**, Bapak **Dr. Alimuddin Hamzah, M.Eng**, dan Bapak **Paharuddin M.Si** selaku tim penguji skripsi geofisika yang telah memberi masukan serta saran kepada penulis.
4. Bapak **Dr. Muh. Altin Massinai, MT.Surv** selaku Ketua Program Studi Geofisika FMIPA UNHAS.
5. Dosen-dosen pengajar yang telah membagikan ilmunya serta memberi bimbingan selama perkuliahan.
6. Guru-guru sewaktu **SD, SMP, SMA** atas bekal ilmu yang telah ditanamkan selama sekolah.
7. Teman-teman seangkatan **HIMAFI 2014** : terkhusus 2A-nya **Nina, Ibu, Tina, Aswan, Diana, Dina, Anti 11, Anti 13, Deda, Ruwaidah, Nurul, Yuniar, Taufik, Anna, Desi, Resti, Hafazah, Erni, Novi, Nike, Uvi, Radah, Nuvi**.yang selalu menemani dari maba hingga sekarang
8. Teman-teman **Se-MIPA 2014** atas partisipasinya dalam menyemangati penulis walau hanya bertemu di jalan
9. Teman-teman **Geofisika 2014** : **Okta, Nur, Rusmi, Asyifa, Oci, Nanna, Alifka, Arin, Bella, Dewi, Ila, Kima, Ifa, Riska, Fina, Inna, Nunu, Ariyadi, Ainul, Armin, Awal, Akram, Tedi, Reza, Al-Kadri, Iswar, Firman, Sidiq, Yaqin, Rahimahullah Muballig, Aslam, Arman, Kak Afril, Ridho, Ayushar** yang selalu belajar bersama, memberikan nasihat dan selalu memberikan semangat kepada penulis.
10. Grup Penghuni Syurga”**BKB**” yang mempunyai arti yang sangat indah. Semoga sukses selalu, dan bertemu lagi di Syurga-Nya.
11. Teman Seperjuangan dari Maba, **Wahyuni** yang telah banyak membantu, saling memberikan semangat, serta memberikan nasihat kepada penulis.
12. Teman-teman Pejuang Wisudah 2017 : **Rosdiana, S.Si, Rusnianti Nur, S.Si, Krisdayanti, S.Si** terkhusus **Ditha Hardiyanti Kiraman, S.Si** teman seperjuangan Tugas Akhir 3 bulan terakhir ini.



13. Teman-teman bermain : **Anggy, Ulan, Yaya, Zizi, Ade, Mila, Udda, Yuyu, Tari, Ica, Bulkis, Nita, May, Wani, Pitti, Rirong, Misyu, Dian, Ayu, Upi, Viska, Siska**
14. **Kakak-kakak Senior** dan **adik-adik** yang senantiasa membagi ilmunya kepada penulis.
15. KKN Tematik Infrastruktur Permukiman Kota Makassar Gel. 96 terkhusus untuk Posko Kelurahan Batua : **Sri, Nisar, Dirga, Kiki, Kak Rury, Ika dan Dita**
16. Serta kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu terima kasih untuk semuanya.

Penulis menyadari jauhnya kesempurnaan dari skripsi ini, sehingga dengan segala kerendahan hati penulis harapkan sumbangsih berupa saran yang bersifat membangun guna memperbaiki kekurangan yang ada. Demikian pun penulis tetap berharap agar tulisan ini bisa sedikitnya memberi manfaat bagi siapapun yang membuka dan membacanya.

***Wassalaamu' Alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh"***

Makassar,                      November 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I. 2 Ruang Lingkup .....	2
I. 3 Tujuan Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
II. 1 <i>El Niño Southern Oscillation</i> (ENSO) .....	4
II. 2 Model Dinamik.....	9
II. 3 Verifikasi Prediksi .....	11
II. 4 <i>Relative Operating Characteristics</i> (ROC).....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
III. 1 Data Penelitian .....	15
III. 2 Koreksi dan Penyesuaian Data.....	15
III. 3 Verifikasi Prediksi.....	16
III. 4 Membandingkan Verifikasi Prediksi Setiap Model Dinamik .....	16

III. 5 Bagan Alir Penelitian .....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>18</b>
IV. 1 Hasil .....	18
IV. 1. 1 Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik .....	18
IV. 1. 2 Akurasi Prediksi Model Dinamik ROC .....	22
IV. 1. 3 Akurasi Probabilistik Model Dinamik untuk AUC dan Ketidakpastian dengan Interval Wilson .....	27
IV. 2 Pembahasan.....	29
<b>BAB IV PENUTUP .....</b>	<b>32</b>
V. 1 Kesimpulan .....	32
V. 2 Saran.....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun normal .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun <i>La Niña</i> .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun <i>El Niño</i> .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Indikator Suhu Muka Laut <i>Niño 3,4</i> .....	8
<b>Gambar 2.5</b> Kurva ROC .....	13
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik <i>Lead 1</i> .....	18
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik <i>Lead 2</i> .....	19
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik <i>Lead 3</i> .....	19
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik <i>Lead 4</i> .....	20
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik <i>Lead 5</i> .....	20
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik <i>Lead 6</i> .....	21
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik <i>Lead 7</i> .....	21
<b>Gambar 4.8</b> Kurva ROC <i>Lead 1</i> Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn .....	22
<b>Gambar 4.9</b> Kurva ROC <i>Lead 2</i> Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn .....	23
<b>Gambar 4.10</b> Kurva ROC <i>Lead 3</i> Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn .....	23
<b>Gambar 4.11</b> Kurva ROC <i>Lead 4</i> Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn .....	24
<b>Gambar 4.12</b> Kurva ROC <i>Lead 5</i> Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn .....	24
<b>Gambar 4.13</b> Kurva ROC <i>Lead 6</i> Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn .....	25
<b>Gambar 4.14</b> Kurva ROC <i>Lead 7</i> Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn .....	25
<b>Gambar 4.15</b> Grafik Model Dinamik Prediksi ENSO untuk AUC dan Ketidakpastian .....	27

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tahun Kejadian ENSO berdasarkan indikator SST <i>Niño</i> 3.4 .....	8
<b>Tabel 4.1</b> Nilai Hit Rate dan False Positive Rate Model Dinamik.....	26
<b>Tabel 4.2</b> Nilai Interval Wilson, AUC dan Ketidakpastian pada Gambar 4.15 ....	28
<b>Tabel 4.3</b> Nilai AUC dan Ketidakpastian (Probabilistik) dan Nilai Jarak Euklidean (Deterministik) Untuk Model Dinamik IRI.....	31

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

*El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) adalah salah satu fenomena iklim yang penting di bumi karena kemampuannya untuk mengubah sirkulasi atmosfer, mempengaruhi suhu dan curah hujan secara global. ENSO yang berkembang terutama di Samudera Pasifik, dampaknya juga dirasakan di luar Samudera Pasifik. Dampak yang mendalam dari ENSO terhadap iklim di Indonesia sangat terkenal dan menyebabkan kekeringan, banjir, dan perubahan lainnya yang sangat bisa mengganggu pertanian, perikanan, lingkungan, kesehatan, kualitas udara dan juga mengubah resiko kebakaran (Trenberth, 2013). Dibuktikan oleh kawasan yang diteliti oleh Page, et al., (2002) sebagian besar dilanda kebakaran hebat. Kebakaran Agustus-Oktober 2002 dan pencemaran berat kabut asap di Kalimantan dikaitkan dengan kejadian ENSO berkekuatan sedang (Tacconi, 2003). Maka sebaiknya dilakukan perbaikan dalam kemampuan meramalkan perkembangan kejadian ENSO yang memungkinkan menggunakan model prediksi untuk adaptasi terhadap dampak global dimasa depan.

Model yang umumnya dilakukan untuk prediksi ENSO terbagi menjadi 2 yaitu model dinamik dan model statistik. Model dinamik lebih memfokuskan pada prediksi berdasarkan proses fisis yang terjadi di atmosfer dengan memodelkannya hingga resolusi tinggi. Sedangkan model statistik menggunakan dataset historis. Dalam melakukan prediksi maka dapat digunakan tipe peramalan deterministik dan

probabilistik. Peramalan deterministik menghasilkan prediksi berupa angka yang memberikan kepastian kejadian, namun prakiraan cuaca dan iklim tidak pernah pasti. Sedangkan peramalan probabilistik menghasilkan persentase kejadian yang akan terjadi atau tidak terjadi, sehingga peramalan probabilistik dapat digunakan dalam memprediksi kejadian ENSO. Peramalan probabilistik dapat dilakukan dengan berbagai metode. Metode ROC (Relative Operating Characteristic) merupakan salah satu metode yang mampu memprediksi dengan menghasilkan persentase suatu kejadian.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Andika (2017) melihat keakuratan 4 model dinamik operasinal IRI (*Internasional Reaserch Institute*) dengan menggunakan kemampuan permalan deterministik dalam rentang waktu 10 tahun. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada kemampuan peramalan yang menggunakan peramalan probabilistik menggunakan 3 model dinamik dalam rentang waktu 12 tahun.

## **I.2 Ruang Lingkup**

Penelitian ini dibatasi pada analisis keakuratan prediksi model dinamik untuk meramalkan ENSO terhadap data observasi dengan kemampuan probabilistik dalam rentang waktu 12 tahun (Musim Agustus-September-Oktober 2006 hingga Juni-Juli-Agustus 2017). Metode yang digunakan yaitu *Relative Operating Characteristics* (ROC) dengan Interval Wilson, dimana metode ini mengevaluasi setiap model dinamik untuk menganalisis keakuratan prediksi ENSO hingga tujuh musim kedepan.

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan

1. Menghitung nilai AUC dan ketidakpastian dengan menggunakan Interval Wilson
2. Membandingkan keakuratan probabilistik prediksi 3 model dinamik IRI yaitu Nasional Center For Enviromental Prediction (NCEP), Korea Nasional University (KNU) dan Average Dynamic (AVEDyn) dalam rentang waktu 12 tahun yaitu Agustus-September-Oktober (ASO) 2006 hingga Juni-Juli-Agustus (JJA) 2017.



## **BAB II**

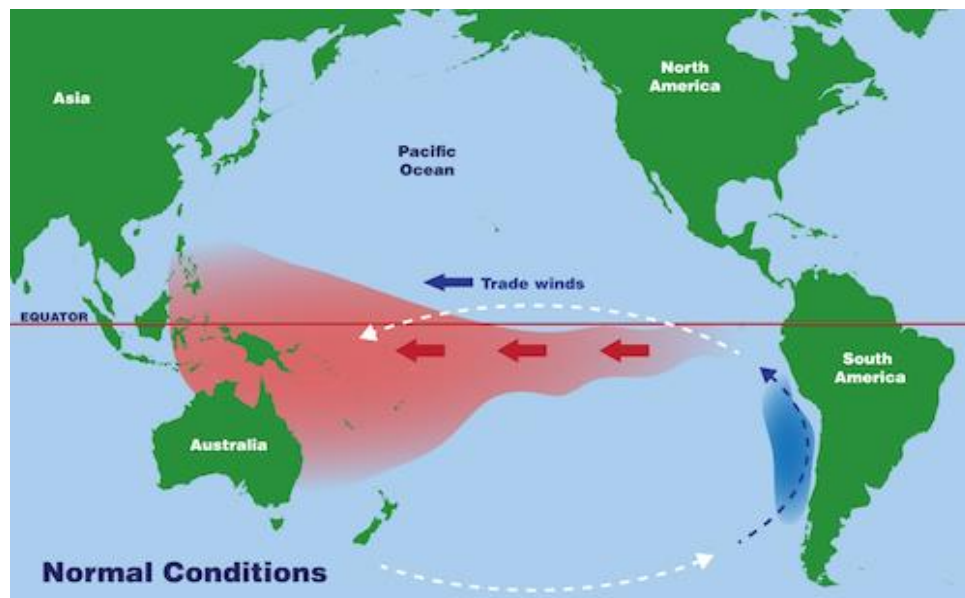
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 *El Niño Southern Oscillation* (ENSO)**

*El Niño Southern Oscillation* (ENSO) merupakan fenomena gabungan interaksi lautan atmosfer yang menyebabkan variasi iklim tahunan di dunia. Komponen lautan dari ENSO adalah *El Niño* dan *La Niña*, sedangkan komponen atmosfernya adalah *Southern Oscillation*. Pusat aktivitas ENSO berada di Samudera Pasifik yang berdekatan dengan garis ekuator (Thenberth, 1997).

Istilah *El Niño* berasal dari bahasa Spanyol yang berarti anak Tuhan, Pada mulanya dipergunakan oleh para nelayan disepanjang pantai ekuator dan Peru untuk menunjukkan adanya aliran/ arus panas samudera yang khusus muncul pada sekitar waktu Christmas (Natal) dan beberapa bulan berikutnya. Ikan sedikit menghilang selama interval panas tersebut muncul, sehingga kaum nelayan sering mengambil istirahat guna memperbaiki peralatan mereka dan menghabiskan waktu dengan keluarga mereka. Dalam beberapa tahun belakangan, air hangat tersebut muncul dan menimbulkan musim ikan dalam bulan Mei atau bahkan bulan Juni. Sepanjang tahun tersebut istilah *El Niño* dipakai juga untuk penyimpangan (anomali) interval pemunculan arus air panas yang kuat yang tidak hanya mengganggu kehidupan normal kaum nelayan tetapi juga membawa hujan sangat lebat. Salah satu *El Niño* kuat seperti *El Niño* tahun 1982-1983, yang meninggalkan kenangan pahit, tidak hanya pada cuaca lokal dan kehidupan laut, tetapi juga pada berbagai kondisi iklim seputar dunia (Syahbudin, 2010).

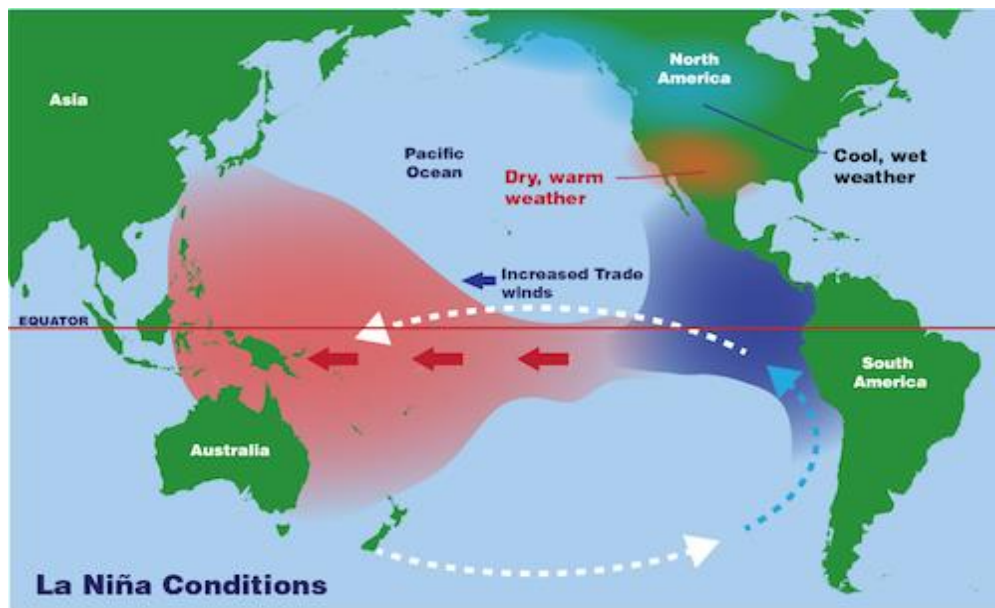
Para ahli menyatakan bahwa fenomena *El Niño* terjadi karena meningkatnya Suhu Permukaan Laut (SST) yang biasanya dingin. Fenomena sebaliknya juga terjadi karena mendinginnya SST di wilayah pantai barat Peru atau di lautan Pasifik mengalami penurunan yang lebih dingin dari biasanya (Sarachik & Cane, 2010). Sehingga fenomena ini disebut *La Niña* (juga bahasa Spanyol) yang berarti “anak perempuan” (Thenberth, 1997).



**Gambar 2.1** Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun normal (NOAA Climate, 2016)

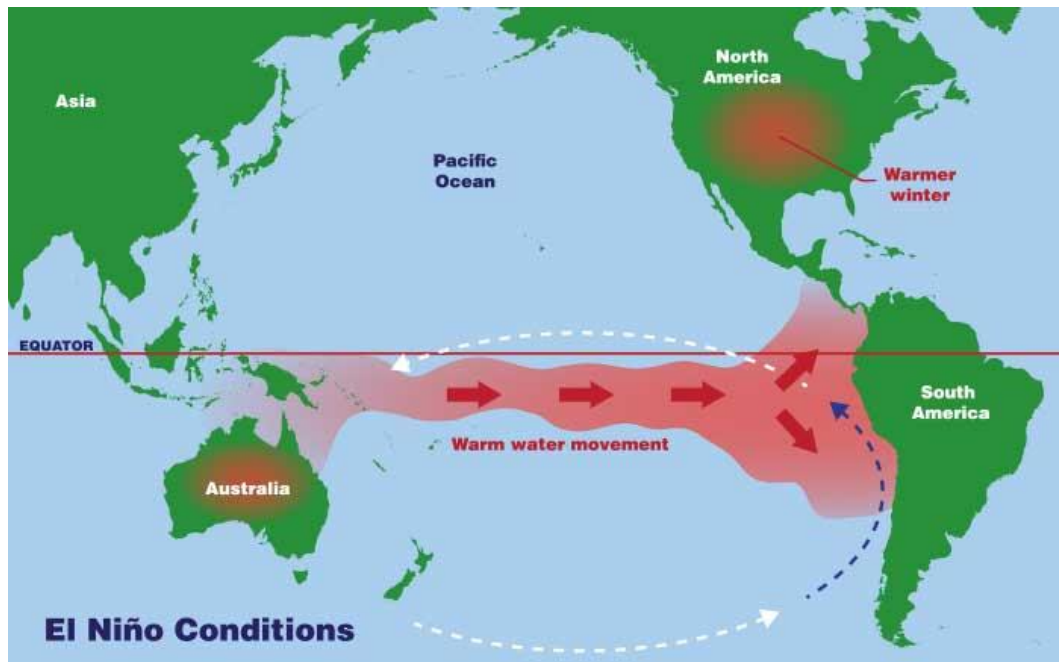
Dapat dilihat pada (**Gambar 2.1**) pada tahun normal, angin sepanjang khatulistiwa mendorong air hangat ke arah barat. Air hangat di permukaan samudera berhembus dari Amerika Selatan hingga Indonesia. Saat air hangat bergerak ke barat, air dingin dari dalam naik ke permukaan. Air dingin ini berakhir di pesisir Amerika Selatan. Pergerakan ini terjadi diakibatkan oleh massa air yang terkumpul di Pasifik barat akan turun (*downwelling*) sehingga

arus pasifik timur akan naik (*upwelling*). Hal ini yang normal terjadi di Samudera Pasifik dimana suhu muka laut di Pasifik barat lebih hangat dibandingkan di Pasifik timur sekitar Pantai Barat Peru (BOM, 2016).



**Gambar 2.2** Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun *La Niña* (NOAA Climate, 2016)

*La Niña*, seperti *El Niño*, adalah pola cuaca yang bisa terjadi di Samudra Pasifik setiap beberapa tahun sekali. Pada (**Gambar 2.2**) menunjukkan musim dingin tahun *La Niña*, angin ini jauh lebih kuat dari biasanya. Hal ini membuat air di Samudera Pasifik dekat khatulistiwa beberapa derajat lebih dingin dari biasanya. Hasilnya, *upwelling* menjadi lebih kuat di sepanjang pantai Amerika Selatan dengan SST yang lebih dingin dari biasanya di wilayah Samudera Pasifik bagian timur dan SST yang lebih hangat dari biasanya di Samudera Pasifik bagian barat (Zakir, et al., 2009).

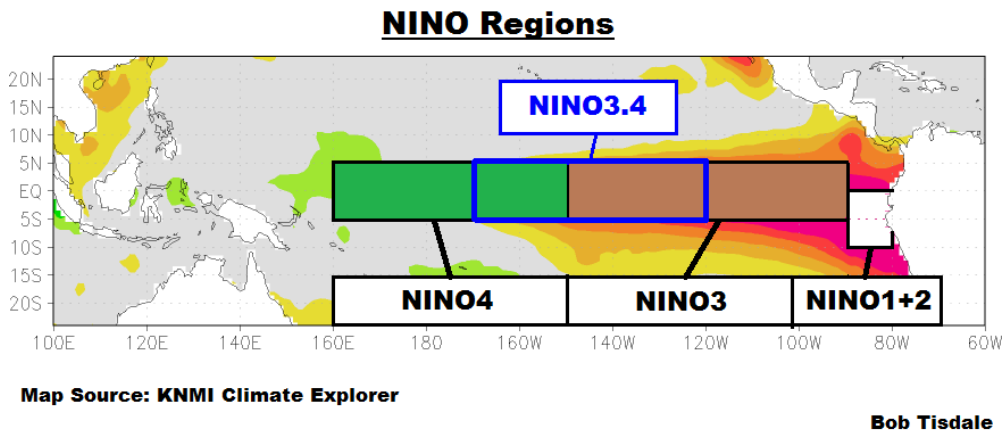


**Gambar 2.3** Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun *El Niño* (NOAA Climate, 2016)

Pada (**Gambar 2.3**) menunjukkan SST di Pasifik ekuator timur menjadi lebih panas dari pada kondisi normalnya. Hal ini mengakibatkan konveksi terjadi di daerah tersebut yang menyebabkan curah hujan meningkat. Banyaknya konveksi menyebabkan massa udara berkumpul ke wilayah Pasifik ekuator timur. Sehingga wilayah Indonesia curah hujannya berkurang dan beberapa wilayah mengalami kekeringan (BOM, 2016).

*El Niño* disertai dengan perubahan sirkulasi di atmosfer yang dikenal sebagai osilasi selatan. Maka dari itu fenomena gabungan ini sering disebut dengan istilah ENSO (*El Niño Southern Oscillation*). *El Niño* merupakan anomali positif suhu muka laut di samudera pasifik bagian tengah dan timur sehingga untuk keperluan prediksi hujan maupun SST Indonesia maka digunakan data SST pada *Niño 3.4*

yaitu pada wilayah 5°LU-5° LS, 120-170° BT yang ditunjukkan pada (**Gambar 2.4**).



**Gambar 2.4** Indikator Suhu Muka Laut *Niño* 3,4 (Tisdale, 2015)

Dapat dilihat kejadian ENSO pada tahun-tahun berdasarkan indikator SST *Niño* 3.4 sebagai berikut **Tabel 2.1** berikut :

**Tabel 2.1** Tahun Kejadian ENSO berdasarkan indikator SST *Niño* 3.4

Indikator SST <i>Niño</i> 3.4	Tahun <i>El Niño</i>	1972, 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992, 1994-1995, 1997-1998, 2002, 2007
	Tahun <i>La Niña</i>	1971, 1973-1976, 1988, 1999-2000

(Shrestha & Kostaschuk, 2005)

*El Niño* dan ENSO biasa dikatakan sama namun fenomena ini jelas berbeda dimana fenomena *El Niño* sendiri berarti komponen laut dan *Southern Oscillation* adalah komponen atmosfernya. Sehingga jika berbicara mengenai ENSO maka menyangkut masalah lautan dan atmosfer.

## II.2 Model Dinamik

Model dinamik merupakan penyelesaian dari persamaan-persamaan diferensial yang ada fungsi waktu di dalamnya. Dalam membahas iklim sistem dinamik dapat di definisikan sebagai suatu sistem yang memodelkan variabel-variabel seperti SST, tekanan muka laut, dan variabel-variabel lainnya yang berubah terhadap waktu untuk memprediksi iklim (Forrester, 1987).

Untuk memprediksi ENSO dengan model dinamik maka banyak istitusi yang berlomba-lomba untuk menemukan dan mengembangkan prediksi ENSO yang paling akurat. Dibawah ini merupakan model dinamik yang dikeluarkan oleh *International Research Institute* (IRI) yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. NCEP (CFS Version 2)

Versi kedua dari NCEP *Climate Forecast System* (CFS *Version 2*) memberikan kemajuan penting dalam prediksi musiman operasional di sejumlah bidang. Komponen atmosfer CFS adalah versi resolusi rendah dari *Global Forecast System* (GFS) yang merupakan model prediksi cuaca global operasional di NCEP selama tahun 2003. Serangkaian perkiraan yang digabungkan penuh yang mencakup periode 24 tahun (1981-2004), dengan 15 perkiraan per bulan kalender sampai sembilan bulan ke depan, telah diproduksi bersama CFS. Prakiraan 24 tahun yang sepenuhnya digabungkan ini sangat penting untuk kalibrasi (koreksi bias) yang tepat dari perkiraan musiman operasional berikutnya. Mereka memberikan perkiraan yang berarti dari keterampilan model yang penting dalam menentukan kegunaan perkiraan dinamis real-time dalam kerangka kerja

operasional. Dataset juga menyediakan banyak informasi bagi peneliti untuk mempelajari proses atmosfer-lautan (Saha, et al., 2006). Implementasi operasional sistem penuh memastikan kontinuitas catatan iklim dan menyediakan dataset terkini dan berharga untuk mempelajari banyak aspek prediktabilitas pada skala musiman dan sub musiman. Evaluasi dari *forecast* menunjukkan bahwa CFSv2 meningkatkan panjang perkiraan MJO yang terampil dari 6 sampai 17 hari (memperbaiki perkiraan sub musiman) (Saha, et al., 2014).

## 2. KNU Model

*Korea National University (KNU) / Seoul National University (SNU)* menggunakan model dinamik yang disebut *Coupled General Circulation Models (CGCM)*. Model dinamik ini terdiri dari 2 komponen yaitu komponen atmosfer (Roeckner, et al., 1996) dan komponen laut (Madec, et al., 1998). Komponen ini berfungsi dalam memprediksi musim. Untuk komponen lautnya menggunakan sebuah konfigurasi dengan sebuah grid yang didasarkan pada  $2^0$  *Mercator mesh* (proyeksi mercator) yang dimana yang sekarang dikenal dengan *Universal Transverse Mercator (UTM)*. Untuk komponen atmosfernya mengadopsi resolusi horizontal tinggi (T106) yang sekitar  $1,1^0 \times 1,1^0$ . Sebuah koordinat hybrid sigma untuk tekanan vertikal digunakan dengan resolusi tinggi di dekat permukaan bumi (Luo, et al., 2005; Kug, et al., 2006).

### 3. AVEDyn Model (Model Kombinasi untuk setiap Model Dinamik)

Model kombinasi (AVEDyn) ini merupakan model dinamik yang hasil dari rata-rata model dinamik untuk setiap musim.

## II.3 Verifikasi Prediksi

Verifikasi adalah proses menilai kualitas suatu prediksi (*forecast*). Hasil prediksi akan dibandingkan dengan nilai pengamatan/observasi. Verifikasi dilakukan untuk mengetahui keserasian antara model dan data, keluar (*output*) model akan dibandingkan dengan data observasi. Untuk melihat kesesuaian dari hasil prediksi dan observasi maka dapat dilakukan secara kualitatif (*visual-“eyeball”*), sedangkan untuk menentukan akurasi model sekaligus kesalahan dalam memprediksi maka dapat dilakukan secara kuantitatif menggunakan seperangkat formulasi matematika. Ada 3 Alasan verifikasi dilakukan yaitu (Halide, 2009) :

1. Memantau (*monitor*) akurasi prediksi dan apakah prediksi itu semakin lama semakin baik ?
2. Meningkatkan (*improve*) kualitas prediksi. Hal ini bisa dimulai dengan menyelidiki kesalahan apa yang telah kita lakukan ketika memprediksi.
3. Membandingkan (*compare*) hasil-hasil prediksi beberapa model dalam memprediksi besaran/fenomena yang sama.

Dari hasil perbandingan ini, kita akan menemukan model yang unggul dibandingkan model-model lainnya dan mengetahui letak/alasan keunggulan model tersebut.



## II.4 Relative Operating Characteristics (ROC)

*Relative Operating Characteristics* (ROC) adalah metode yang sangat fleksibel untuk mewakili kualitas probabilistik prediksi cuaca dan iklim. ROC merupakan metode yang direkomendasikan *World Meteorological Organization* (WMO) (Kadarsah, 2010). Metode ini didasarkan pada pengujian kehandalan model prediksi. Dimana ROC menampilkan *skill* sistem prediksi dengan *hit rate* dan *false alarm rate* harus dibedakan dengan *false alarm ratio*, tetapi dalam beberapa literatur keduanya mengacu pada *false alarm rate* (Mason & Graham, 1999).

Kurva ROC dibuat berdasarkan nilai yang telah didapatkan pada perhitungan dengan *confusion matrix* yaitu *False Positive Rate* dan *True Positive Rate*. Dimana persamannya sebagai berikut :

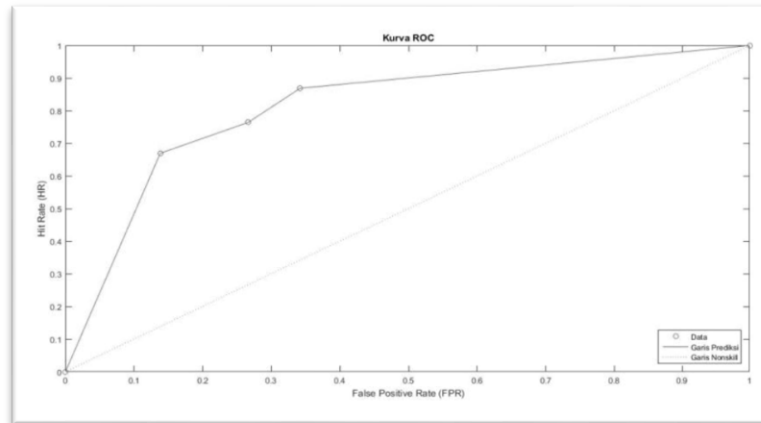
$$HR = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.1)$$

$$FPR = \frac{FP}{FP+TN} \quad (2.2)$$

Keterangan :

TPR : True Positive Rate	FP : False Positive
HR : Hit Rate	TN : True Negative
TP : True Positive	FN : False Negative

Hasil dari perhitungan untuk setiap peluang kritis HR (sumbu vertikal) dan FPR (Sumbu horizontal) berupa plot titik-titik pada grafik HR dan FPR sehingga membentuk kurva ROC (**Gambar 2.5**) yang melalui titik (0,0) dan (1,1).



**Gambar 2.5** Kurva ROC

*Area Under Curve* (AUC) yaitu luas di bawah kurva ROC digunakan untuk menghitung kemampuan prediksi. AUC merupakan ukuran kemampuan *skill* sistem prediksi. Sistem prediksi dikatakan tidak memiliki *skill* sebab ketepatan prediksi sama banyaknya dengan kegagalan prediksi. Untuk menghitung AUC maka digunakan integral trapesium dengan persamaan sebagai berikut :

$$\int_a^b f(x)dx = \sum_{i=1}^n \left( \frac{f(x_{i-1}) + f(x_i)}{2} \right) \cdot h \quad (2.3)$$

Dimana;

$$h = \frac{b-a}{n} \quad (2.4)$$

keterangan :

a,b = Batas integral                      n = Jumlah irisan

h = Jarak antar irisan                      x = Data

Dalam hal proposisi mendekati 0 sampai dengan 1 maka digunakan interval yang paling tepat yaitu interval Wilson untuk tingkat keyakinan 95% . Interval Wilson untuk batas atas dan batas bawah dapat dituliskan sebagai berikut (Kottas, et al., 2014) :

$$\begin{aligned}
 AUC_U &= \frac{(\widehat{AUC}+0.5t)}{(1+t)} + \frac{\sqrt{\widehat{AUC}(1-\widehat{AUC})t+0.25t^2}}{(1+t)} \\
 AUC_L &= \frac{(\widehat{AUC}+0.5t)}{(1+t)} - \frac{\sqrt{\widehat{AUC}(1-\widehat{AUC})t+0.25t^2}}{(1+t)}
 \end{aligned}
 \tag{ 2.5}$$

Dimana;

$$t = \frac{1.96^2}{n}
 \tag{2.6}$$

Keterangan :

$AUC_U$  = Batas atas

$AUC_L$  = Batas bawah

1.96 = Nilai distribusi set pada tingkat keyakinan 95%

n = Jumlah data observasi

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **III.1. Data Penelitian**

Adapun tahap awal dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Data obsevasi ENSO musiman (*Niño 3.4*) yang diperoleh dari situs Climate Prediction Center - National Oceanic and Atmospheric Administration([http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)). Data yang digunakan dimulai dari Agustus-September-Oktober (ASO) 2006 sampai Juni-Juli-Agustus (JJA) 2017.
2. Data prediksi musiman model dinamik yang diperoleh dari situs International Research Institute for Climate and Society (<http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/archive/>).

Terdapat 3 model dinamik yaitu model KNU Model, NCEP Model dan AVEDyn Model. Penulis menggunakan 3 model dinamik ini karena memiliki data kontinyu (lengkap dan tidak putus) daripada model dinamik lain. Masing-masing model menggunakan data yang dimulai dari Agustus-September-Oktober (ASO) 2006 sampai Juni-Juli-Agustus (JJA) 2017 dalam *7 lead*.

#### **III.2. Koreksi dan Penyesuaian Data**

Pada tahap kedua dalam penelitian ini yaitu mengoreksi dan menyesuaikan data observasi dan data prediksi untuk setiap model dinamik yaitu KNU, NCEP, dan

AVEDyn yang didapatkan untuk menghindari kesalahan ketikan dalam pengimputan data. Karena data penelitian di download manual dan diinput satu persatu ke *Microsoft Excel*.

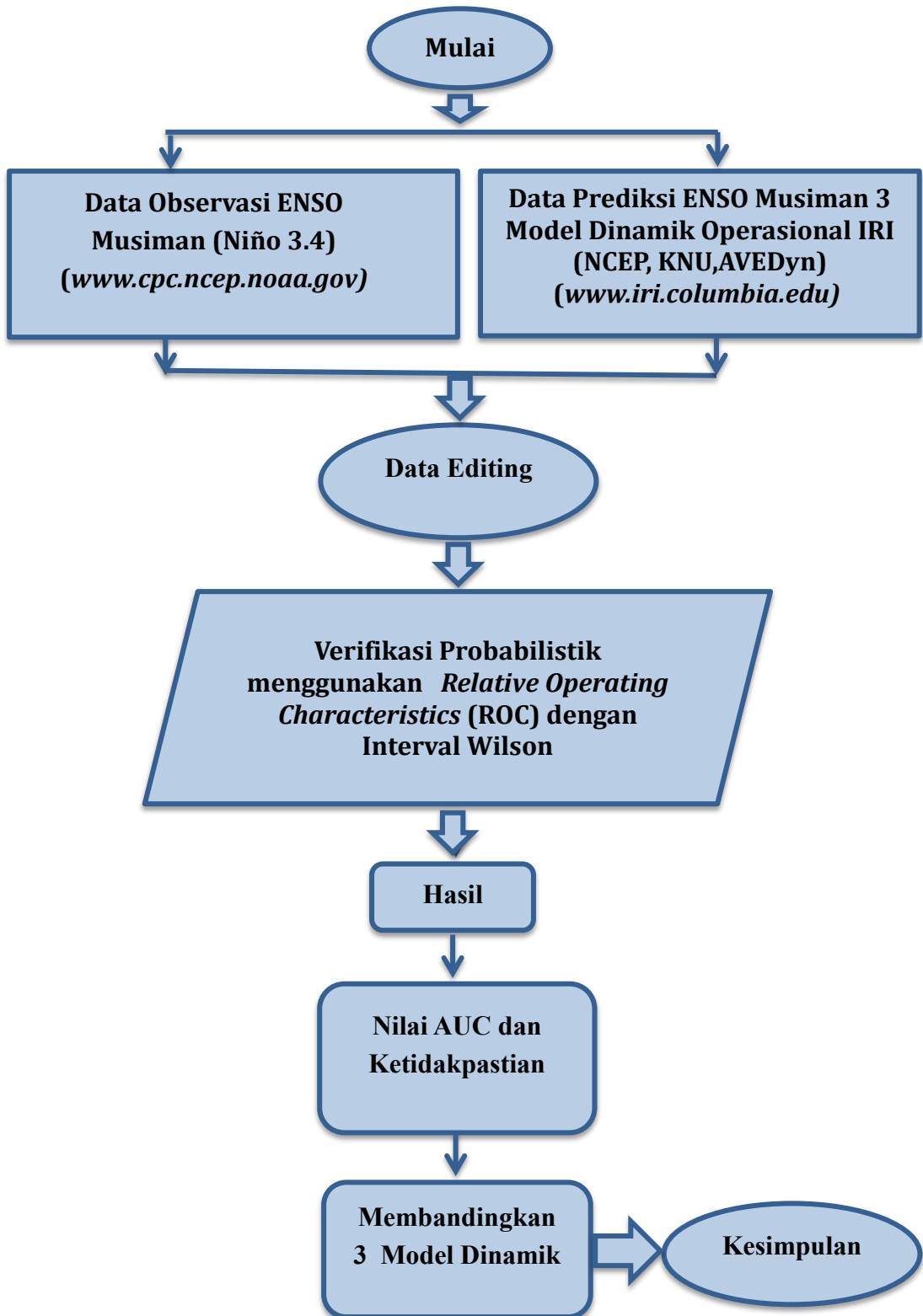
### **III.3 Verifikasi Prediksi**

Tahap ini merupakan pengolahan data menggunakan *software MATLAB 2015*, dimana data observasi dan data prediksi model dinamik diuji menggunakan 3 titik *threshold* (ambang batas) pada setiap model dinamik (KNU, NCEP dan AVEDyn) dalam 7 *lead* untuk menghasilkan kurva ROC yang mendapatkan nilai FPR dan Hit Rate-nya menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2), setelah itu akan menampilkan kurva ROC dimana yang akan dihitung adalah nilai AUC, maka digunakan persamaan (2.3). Setelah mendapatkan nilai AUC kemudian menggunakan persamaan Interval Wilson (2.5) untuk mencari AUC dan Ketidakpastiannya.

### **III.4 Membandingkan Verifikasi Prediksi Setiap Model Dinamik**

Tahap ini merupakan akhir dari pengolahan data yang menampilkan hasil nilai AUC dan Ketidakpastian sebuah model yang akan dibandingkan dengan model yang lain.

### III.5 Bagan Alir Penelitian

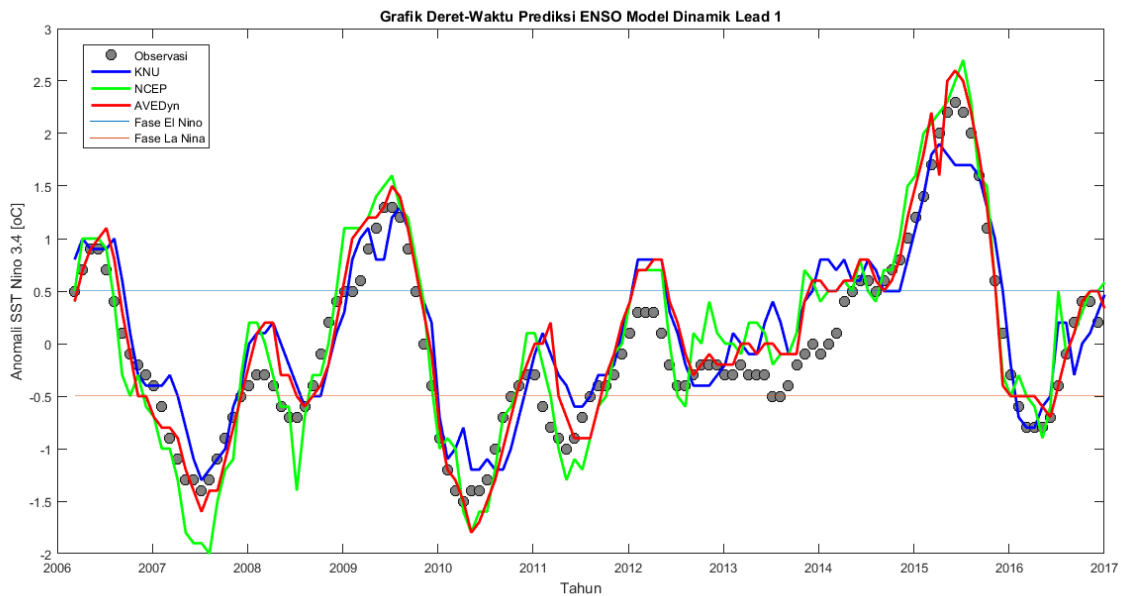


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

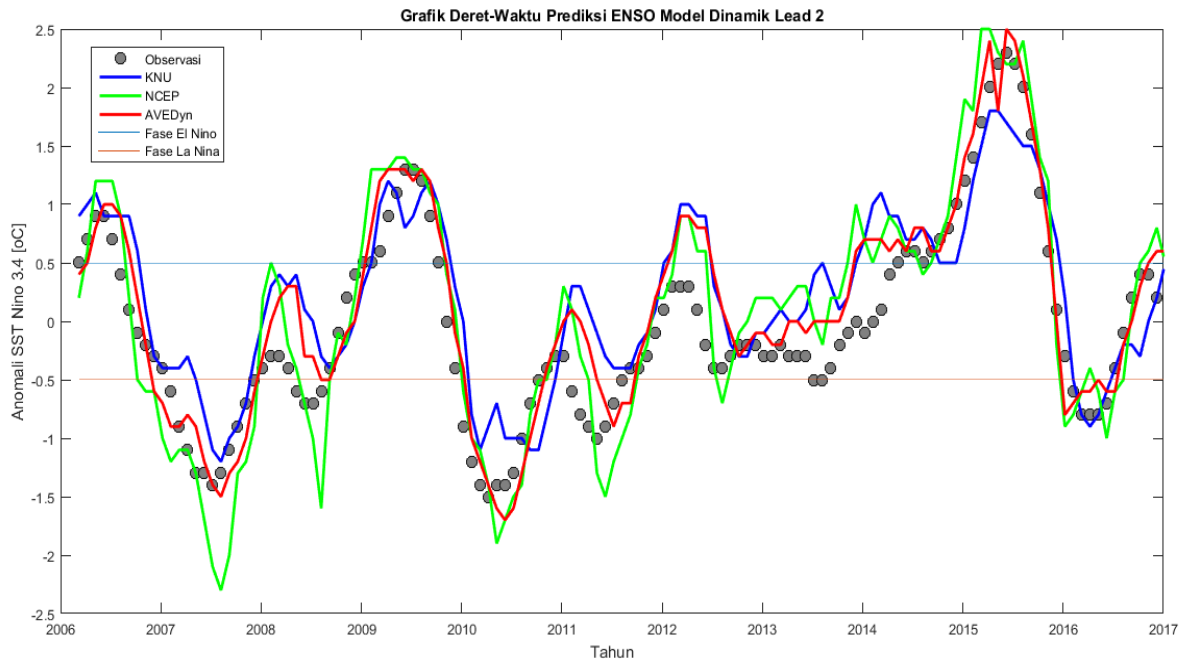
#### IV.1 Hasil

##### IV.1.1 Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik

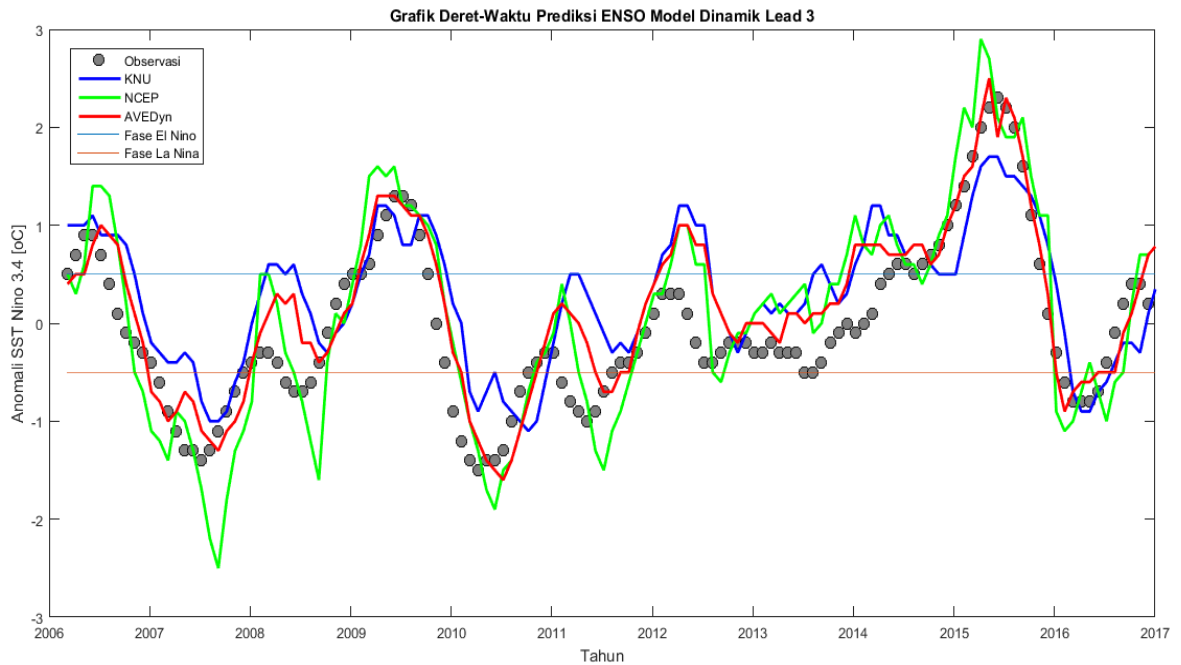


**Gambar 4.1** Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik *Lead- 1*

**Gambar 4.1** hingga **Gambar 4.7** merupakan grafik deret-waktu prediksi ENSO model dinamik untuk setiap *lead*. Pada gambar menunjukkan bahwa data observasi ditandai dengan bulatan abu-abu, data prediksi model ditandai dengan garis yang berwarna-warni. Untuk data prediksi model KNU berwarna biru tua, NCEP berwarna hijau dan AVEDyn berwarna merah, sedangkan untuk garis batas kejadian El Niño ditandai dengan warna biru muda dan La Niña ditandai dengan warna merah muda.

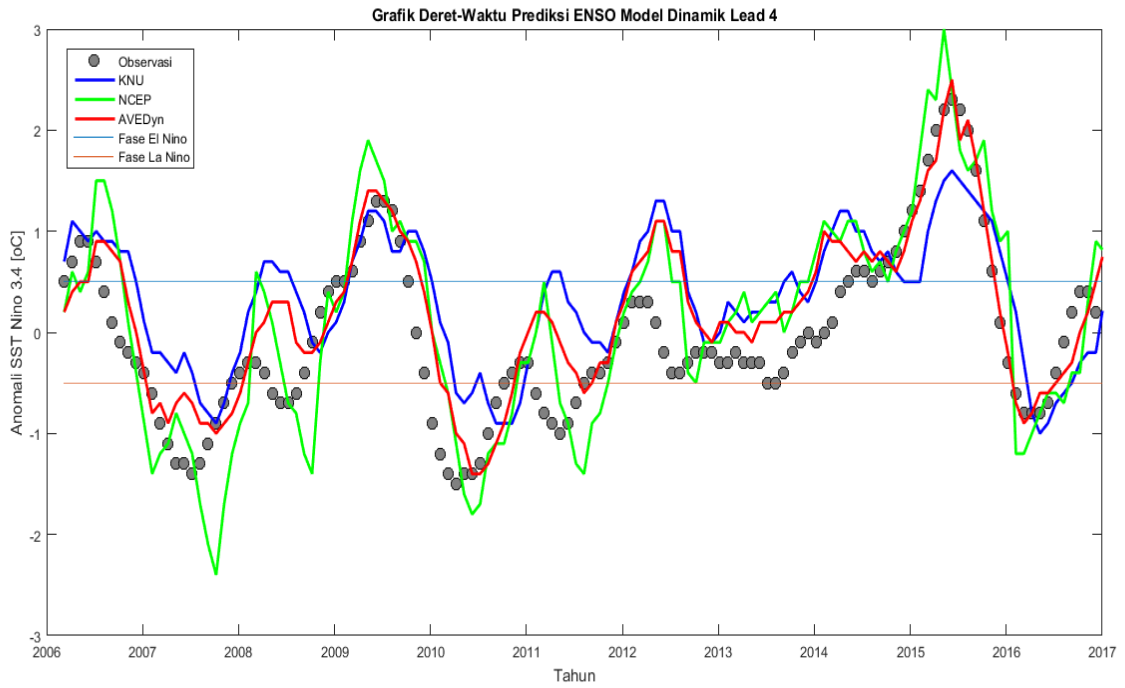


**Gambar 4.2** Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik *Lead-2*

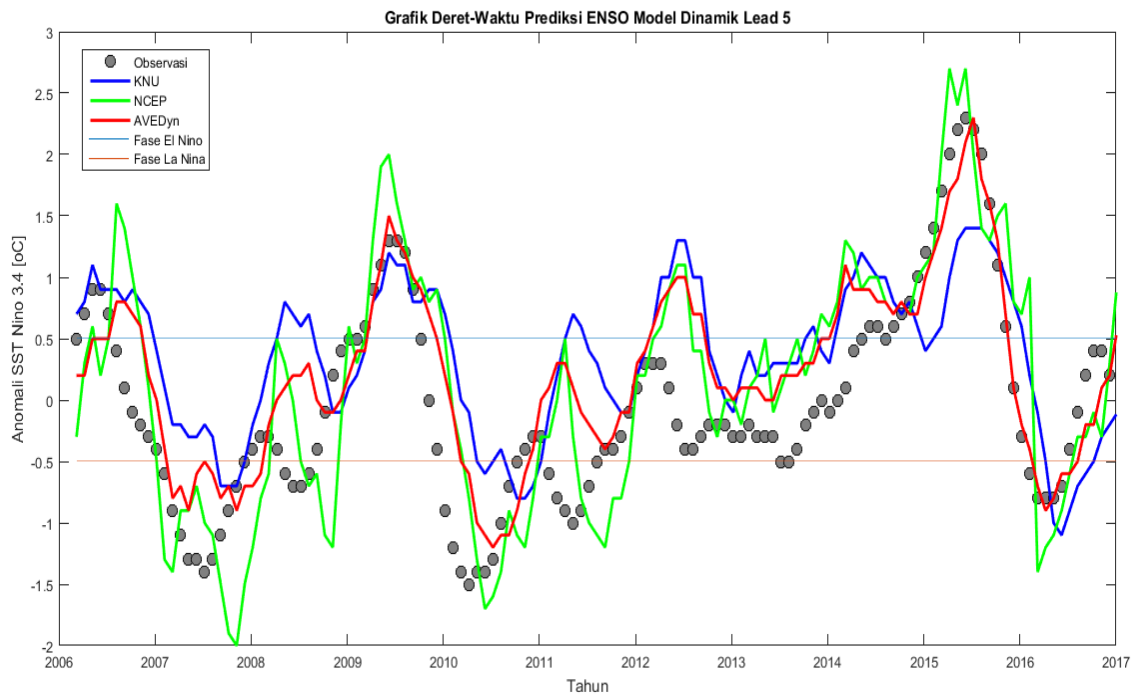


**Gambar 4.3** Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik *Lead-3*

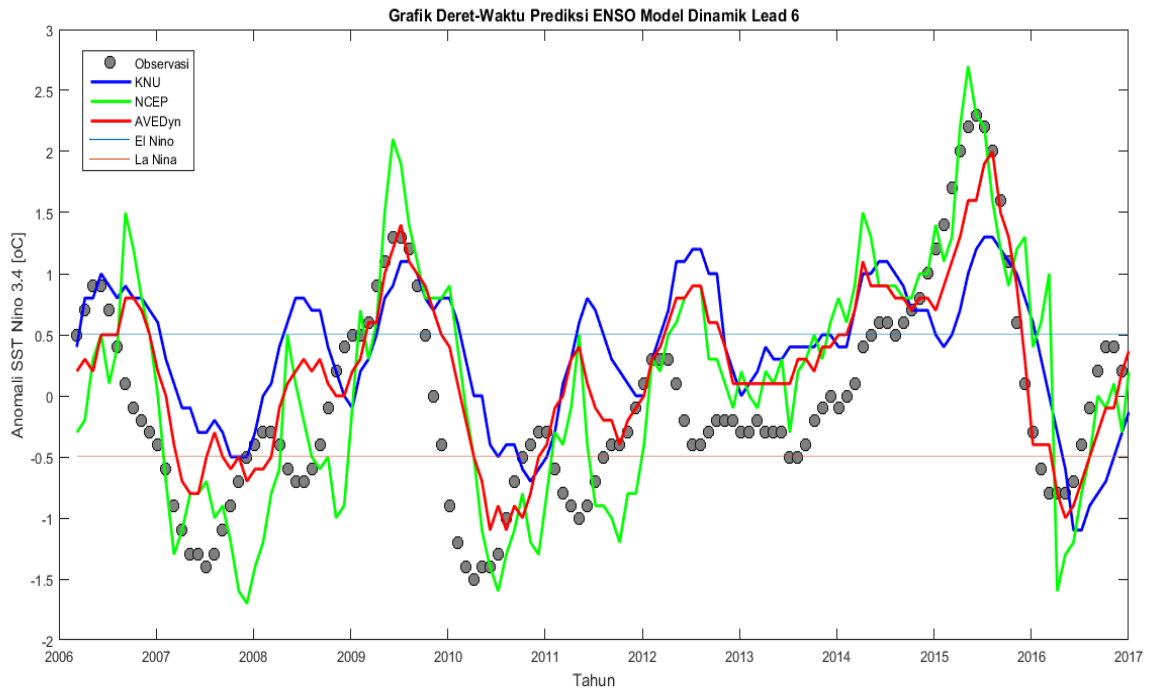




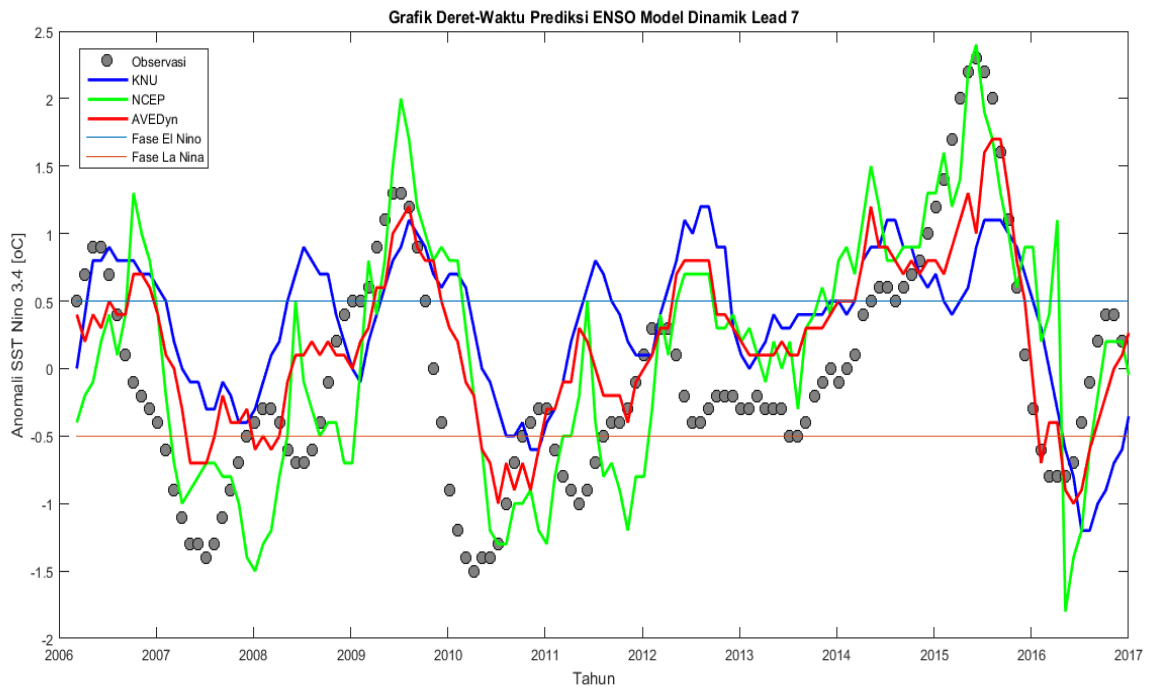
**Gambar 4.4** Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik *Lead- 4*



**Gambar 4.5** Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik *Lead- 5*



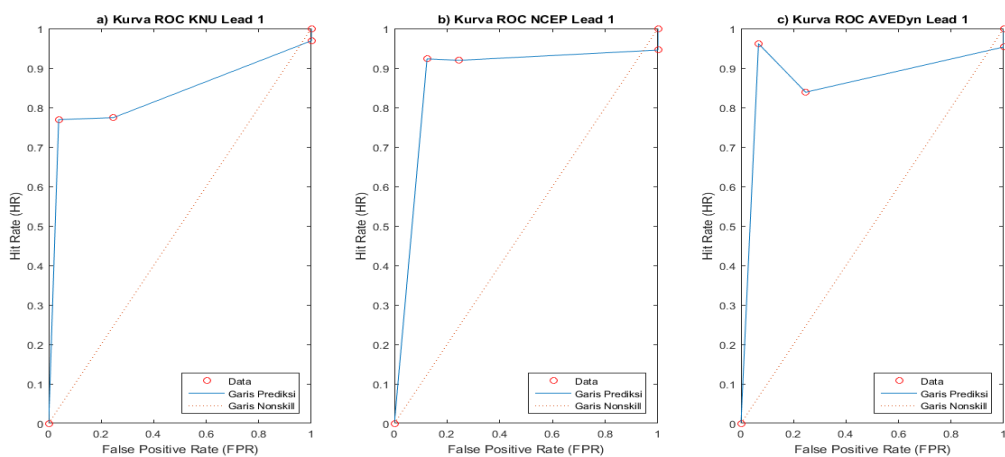
**Gambar 4.6** Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik *Lead- 6*



**Gambar 4.7** Grafik Deret-Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik *Lead- 7*

Untuk grafik deret-waktu prediksi ENSO dapat dilihat bahwa semakin tinggi *lead* maka data prediksi model akan semakin tidak sesuai dengan data observasi. Dimana jika dilihat pada **Gambar 4.1** menunjukkan data prediksi model yang sesuai dengan data observasi. Hal ini menunjukkan bahwa untuk *lead- 1* memiliki keakuratan prediksi yang tinggi, sebaliknya pada **Gambar 4.7** menunjukkan data prediksi tidak sesuai dengan data observasi, sehingga menunjukkan bahwa *lead- 7* memiliki keakuratan prediksi yang rendah.

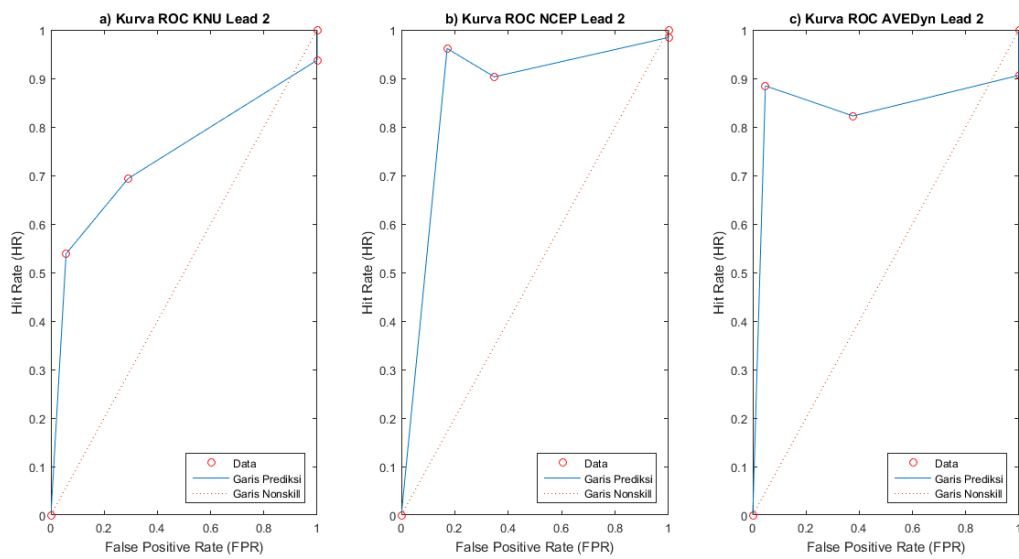
#### IV.1.2 Akurasi Prediksi Model Dinamik Metode ROC



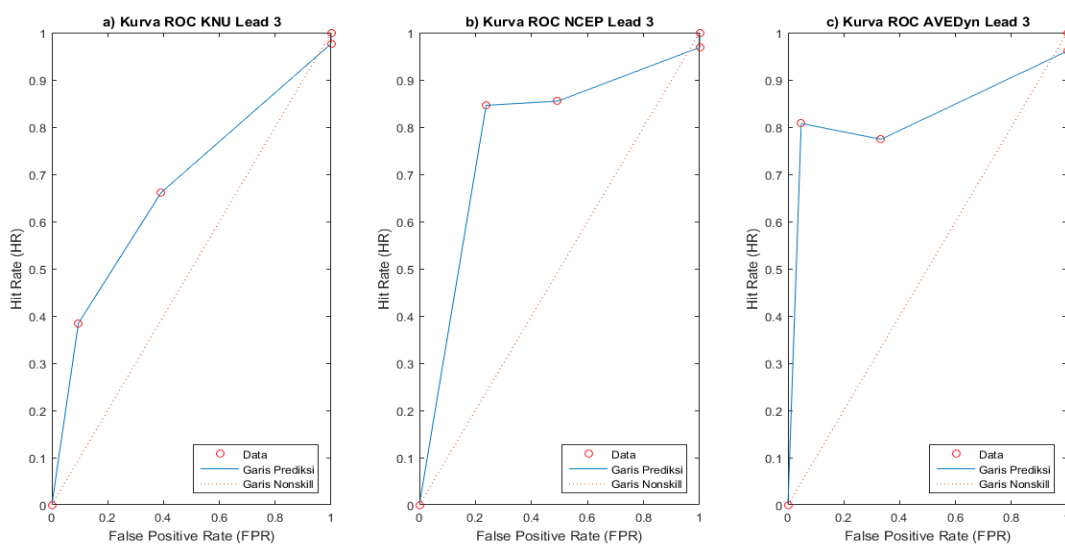
**Gambar 4.8** Kurva ROC *Lead- 1* Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn

Akurasi prediksi untuk model dinamik KNU, NCEP dan AVEDyn menggunakan metode ROC. Metode ini digunakan untuk menentukan model mana yang memiliki keakuratan prediksi lebih baik. **Gambar 4.8** hingga **Gambar 4.14** menunjukkan kurva ROC dari *lead- 1* hingga *lead- 7* untuk 3 model dinamik. Dapat dilihat bahwa semakin jauh kurva dari garis nonskill (dimana HR=1 dan FPR=0) menunjukkan keakuratan prediksi yang lebih baik.

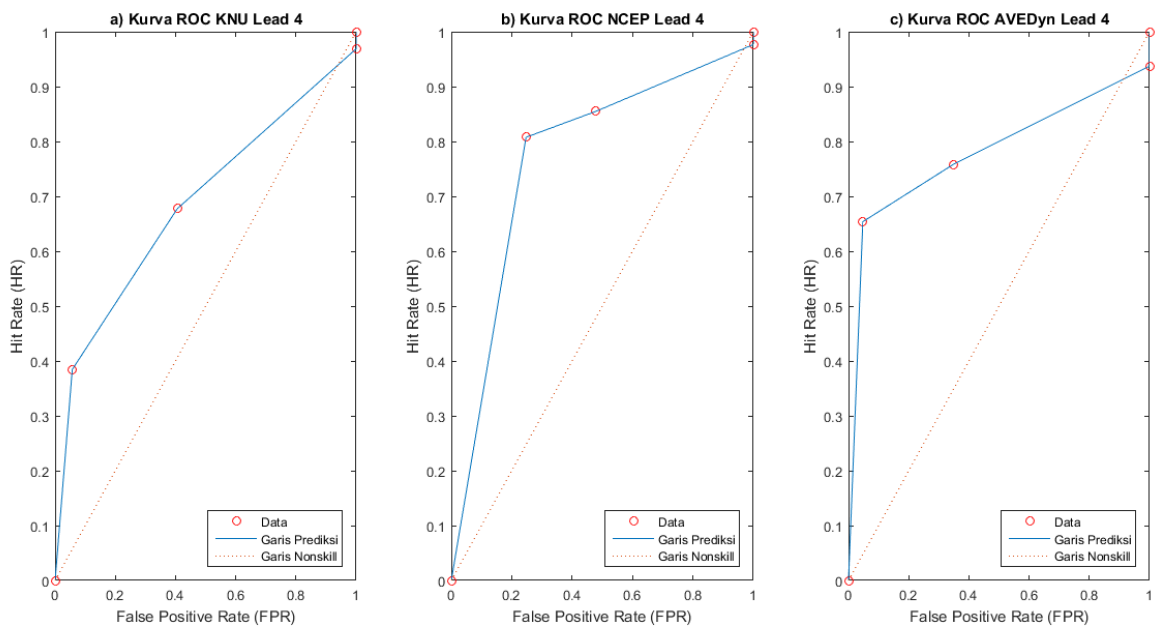
Pada gambar menunjukkan bulatan merah merupakan data HR dan FPR pada **Tabel 4.1** dimana akan menghasilkan garis prediksi. Garis prediksi merupakan ukuran ketepatan suatu prediksi yang dapat dilihat pada garis yang berwarna biru sedangkan garis nonskill tidak memiliki ketepatan dalam memprediksi yang dapat dilihat pada garis merah putus-putus.



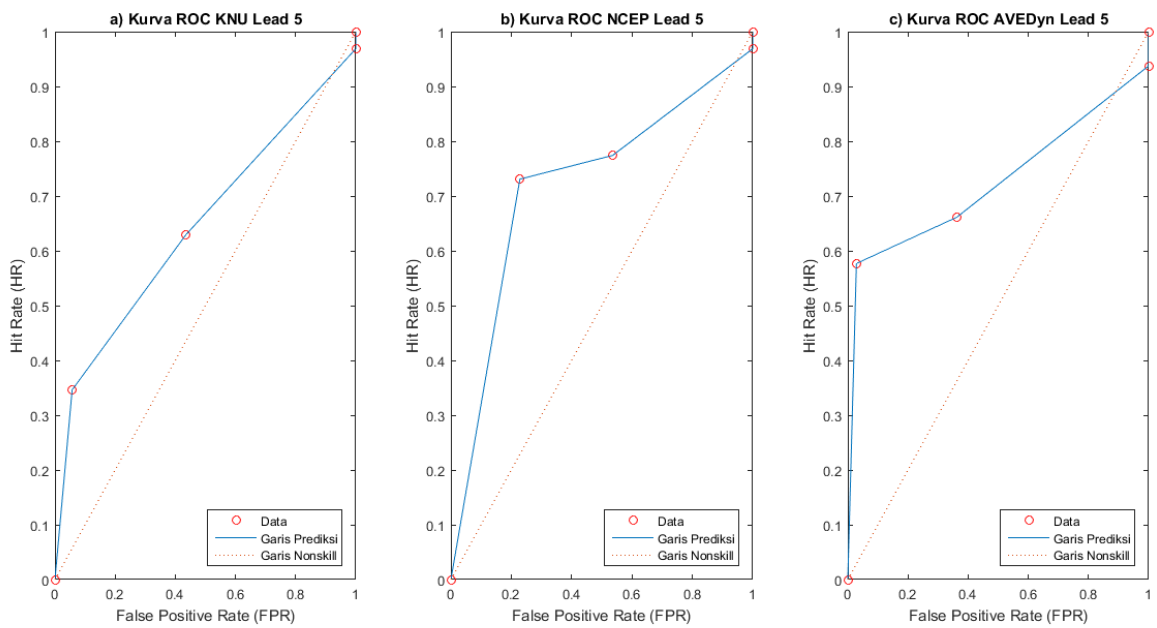
**Gambar 4.9** Kurva ROC *Lead-2* Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn



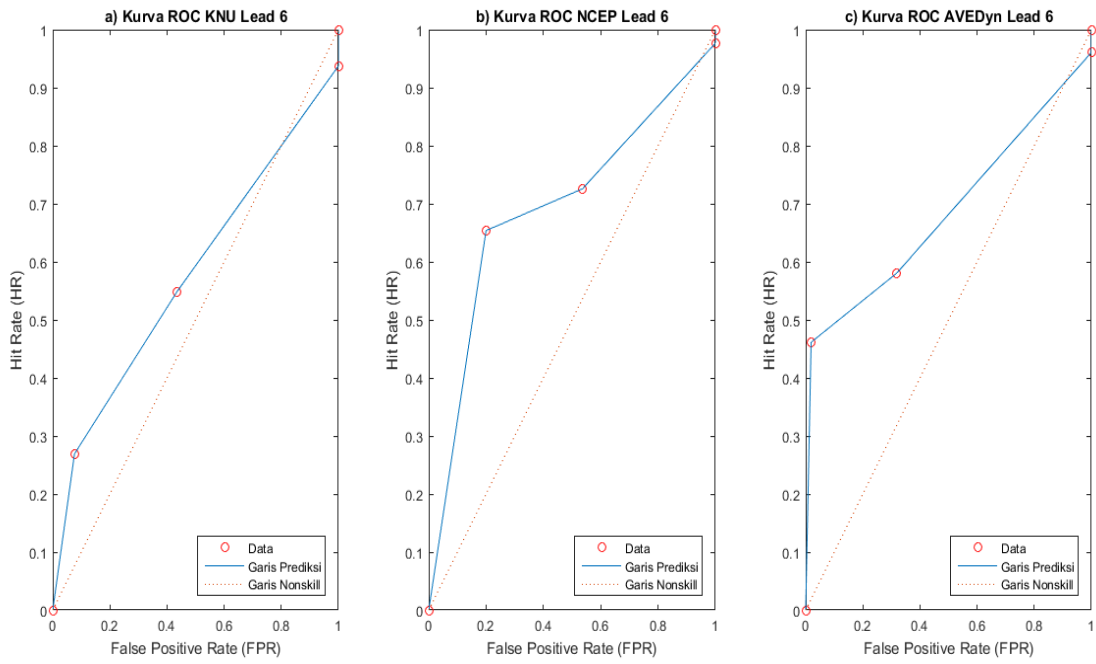
**Gambar 4.10** Kurva ROC *Lead-3* Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn



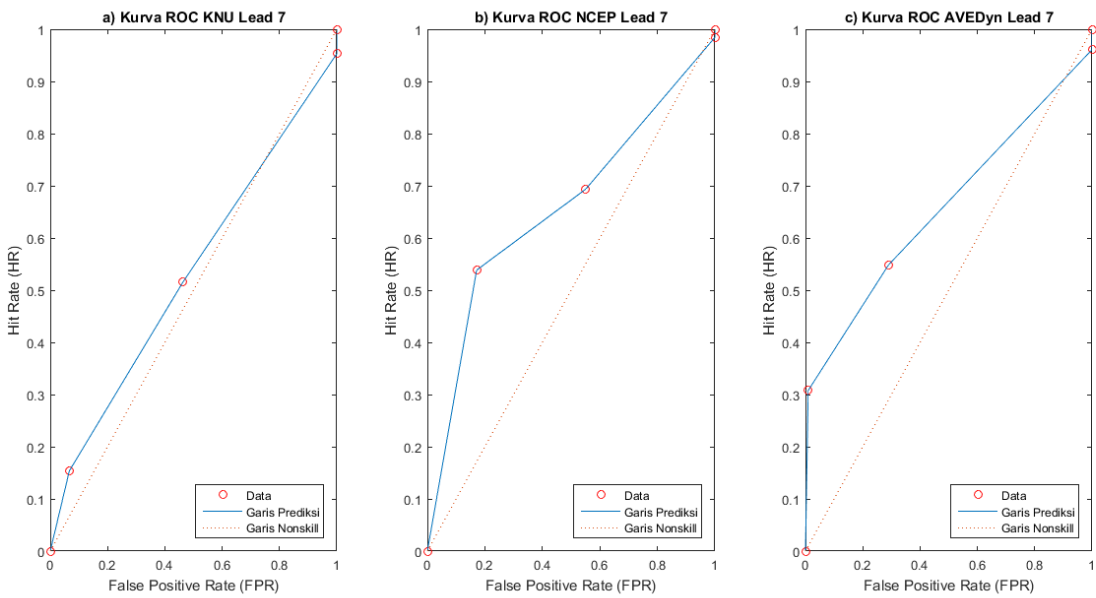
**Gambar 4.11** Kurva ROC *Lead- 4* Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn



**Gambar 4.12** Kurva ROC *Lead- 5* Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn



**Gambar 4.13** Kurva ROC *Lead- 6* Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn



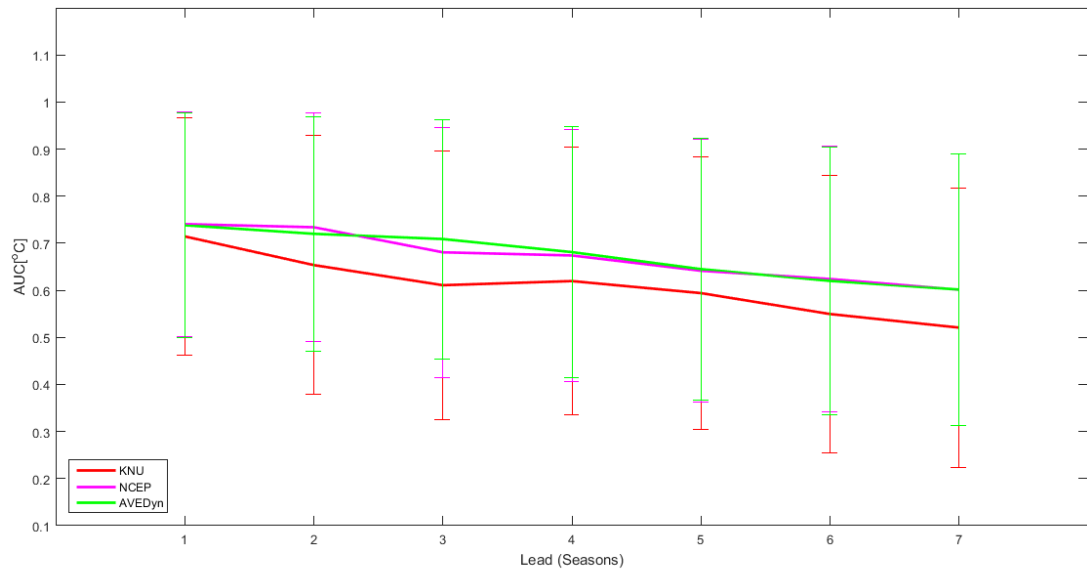
**Gambar 4.14** Kurva ROC *Lead- 7* Model : a) KNU b) NCEP c) AVEDyn

Untuk **Gambar 4.8** hingga **Gambar 4.14** terlihat bahwa semakin tinggi *lead* maka kurva ROC semakin tidak memiliki ketepatan dalam prediksi dimana garis prediksi semakin dekat dengan garis nonskill.

**Tabel 4.1** Nilai Hit Rate dan False Positive Rate Model Dinamik

<i>Lead</i>	<i>Threshold</i>	<b>Model</b>					
		<b>KNU</b>		<b>NCEP</b>		<b>AVEDyn</b>	
		<b>HR</b>	<b>FPR</b>	<b>HR</b>	<b>FPR</b>	<b>HR</b>	<b>FPR</b>
1	0	0.96	1.00	0.95	1.00	0.95	1.00
	0.5	0.77	0.25	0.92	0.25	0.84	0.25
	1	0.77	0.04	0.92	0.12	0.96	0.07
2	0	0.97	1.00	0.98	1.00	0.91	1.00
	0.5	0.77	0.25	0.90	0.35	0.82	0.38
	1	0.77	0.04	0.96	0.17	0.88	0.05
3	0	0.98	1.00	0.98	1.00	0.96	1.00
	0.5	0.66	0.39	0.66	0.39	0.77	0.33
	1	0.38	0.10	0.38	0.10	0.81	0.05
4	0	0.97	1.00	0.98	1.00	0.94	1.00
	0.5	0.68	0.41	0.85	0.48	0.76	0.35
	1	0.38	0.06	0.81	0.25	0.65	0.05
5	0	0.97	1.00	0.97	1.00	0.94	1.00
	0.5	0.63	0.43	0.77	0.54	0.66	0.36
	1	0.35	0.06	0.73	0.23	0.58	0.03
6	0	0.94	1.00	0.98	1.00	0.96	1.00
	0.5	0.55	0.43	0.73	0.54	0.58	0.32
	1	0.27	0.08	0.65	0.20	0.46	0.02
7	0	0.95	1.00	0.98	1.00	0.96	1.00
	0.5	0.52	0.46	0.69	0.55	0.55	0.29
	1	0.15	0.07	0.54	0.17	0.31	0.01

### IV.1.3 Akurasi Probabilistik Model untuk AUC dan Ketidakpastian dengan Interval Wilson



**Gambar 4.15** Grafik Model Dinamik Prediksi ENSO untuk AUC dan Ketidakpastian

Pada **Gambar 4.15** dapat dilihat bahwa untuk setiap model menggunakan nilai AUC dan ketidakpastian pada **Tabel 4.2**. Untuk hasil model KNU menggunakan garis merah, model NCEP menggunakan garis ungu, model AVEDyn menggunakan garis hijau dan *errorbar*-nya sesuai dengan warna modelnya. Jika *errorbar* model dinamik saling bersinggungan maka dapat dikatakan bahwa model tersebut saling signifikan atau tidak berbeda jauh dengan model lainnya. Tetapi jika *errorbar*-nya tidak bersinggungan maka model tersebut berbeda signifikan atau berbeda dengan model lainnya. Untuk lebar dan kecilnya *errorbar* dipengaruhi oleh *threshold* yang digunakan sehingga semakin banyak *threshold* maka *errorbar*-nya akan semakin kecil dan sebaliknya.



**Tabel 4.2** Nilai Interval Wilson, AUC dan Ketidakpastian pada Gambar 4.15

<b>Model</b>	<b>Lead</b>	<b>Batas Atas</b>	<b>Batas Bawah</b>	<b>AUC dan Ketidakpastian</b>
<b>KNU</b>	1	0.97	0.46	$0.71 \pm 0.25$
	2	0.93	0.38	$0.65 \pm 0.28$
	3	0.90	0.32	$0.61 \pm 0.29$
	4	0.90	0.34	$0.62 \pm 0.28$
	5	0.88	0.30	$0.59 \pm 0.29$
	6	0.84	0.25	$0.55 \pm 0.30$
	7	0.82	0.22	$0.52 \pm 0.30$
<b>NCEP</b>	1	0.98	0.50	$0.74 \pm 0.24$
	2	0.98	0.49	$0.73 \pm 0.24$
	3	0.95	0.41	$0.68 \pm 0.27$
	4	0.94	0.41	$0.67 \pm 0.27$
	5	0.92	0.36	$0.64 \pm 0.28$
	6	0.91	0.34	$0.62 \pm 0.28$
	7	0.89	0.31	$0.60 \pm 0.29$
<b>AVEDyn</b>	1	0.98	0.50	$0.74 \pm 0.24$
	2	0.97	0.47	$0.72 \pm 0.25$
	3	0.96	0.45	$0.71 \pm 0.25$
	4	0.95	0.42	$0.68 \pm 0.27$
	5	0.92	0.37	$0.65 \pm 0.28$
	6	0.90	0.34	$0.62 \pm 0.28$
	7	0.89	0.31	$0.60 \pm 0.29$

## IV.2 Pembahasan

Grafik deret-waktu prediksi ENSO model dinamik untuk *lead- 1* (**Gambar 4.1**) menunjukkan bahwa data observasi dan data prediksi model saling berhimpitan. Hal ini berarti seluruh model memiliki akurasi prediksi yang baik untuk *lead- 1*. Tetapi terdapat penyimpangan prediksi di tahun 2013-2015 dimana hal ini juga terjadi untuk semua model dari *lead- 1* sampai *lead- 7*. Untuk model KNU dan AVEDyn terlihat hampir pada setiap tahunnya menyerupai dan mendekati pola grafik data observasi sedangkan untuk model NCEP agak berbeda dan sedikit melenceng dari observasi. Untuk *lead- 2* (**Gambar 4.2**) menunjukkan sedikit perubahan. Dimana untuk semua model di beberapa tahun telah melenceng dari observasi. Untuk *lead- 3* masih menunjukkan sedikit perubahan, tetapi untuk *lead- 4* sampai *lead- 7* menunjukkan perubahan yang drastis dimana model tampak sangat melenceng dari data observasi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi *lead* maka semakin kurang baik pula kemampuan model dalam memprediksi kejadian ENSO.

Mengenai Kurva ROC dapat dilihat bahwa pada **Gambar 4.8** menunjukkan 3 model untuk *lead- 1*. Dimana pada *lead- 1* model yang memiliki akurasi prediksi yang lebih baik terlihat pada **Gambar 4.8b** yaitu model NCEP dimana memiliki nilai HR dan FPR untuk *threshold* =0 yaitu 0.95 dan 1.00 untuk *threshold*=0.5 yaitu 0.92 dan 0.25 dan untuk *threshold*=1 yaitu 0.92 dan 0.12 sedangkan untuk nilai model KNU dan AVEDyn dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Untuk membuktikan bahwa pada *lead- 1* model NCEP yang memiliki akurasi prediksi yang lebih baik maka dapat dilihat nilai luas dibawah kurva (AUC) pada **Tabel 4.2**. Tetapi jika

dilihat dari nilai AUC dan ketidakpastian dimana untuk model NCEP dan AVEDyn-lah yang memiliki akurasi prediksi yang lebih baik. Model NCEP dan AVEDyn memiliki nilai AUC dan ketidakpastiannya yaitu  $0.74 \pm 0.24$  dan model KNU yaitu  $0.71 \pm 0.25$ . Begitu juga untuk *lead* selanjutnya dimana untuk *lead- 2* (**Gambar 4.9**) akurasi prediksi yang lebih baik yaitu model NCEP (**Gambar 4.9**) dengan nilai  $0.73 \pm 0.24$ , untuk *lead- 3* (**Gambar 4.10**) yaitu model AVEDyn (**Gambar 4.10c**) dengan nilai  $0.71 \pm 0.25$ , untuk *lead- 4* (**Gambar 4.11**) yaitu model AVEDyn (**Gambar 4.11c**) dengan nilai  $0.68 \pm 0.27$ , untuk *lead- 5* (**Gambar 4.12**) yaitu model AVEDyn (**Gambar 4.12c**) dengan nilai  $0.65 \pm 0.28$ , untuk *lead- 6* (**Gambar 4.13**) yaitu model NCEP (**Gambar 4.13b**) dan AVEDyn (**Gambar 4.13c**) dengan nilai  $0.62 \pm 0.28$  dan untuk *lead- 7* (**Gambar 4.14**) yaitu model NCEP (**Gambar 4.14b**) dan AVEDyn (**Gambar 4.14c**) dengan nilai  $0.60 \pm 0.29$ . Sehingga untuk akurasi prediksi yang lebih baik maka model NCEP dan model AVEDyn dapat memprediksi ENSO lebih baik daripada model KNU yang tidak pernah unggul pada setiap *lead*.

Berdasarkan hasil AUC dan ketidakpastian untuk probabilistik maka dapat dilihat beda signifikan atau tidak beda signifikan antara model satu dengan model yang lainnya. Beda signifikan pada **Gambar 4.15** dilihat dari lebar *errorbar*-nya. Tampak pada gambar bahwa tidak berbeda signifikan antara model satu dengan model lainnya. Hal ini terjadi karena *threshold* yang digunakan berjumlah sedikit. Dimana *errorbar* berbanding terbalik dengan *threshold*. Dapat dilihat bahwa model KNU memiliki grafik nilai yang lebih kecil daripada model NCEP dan AVEDyn.

**Tabel 4.3** Nilai AUC dan Ketidakpastian (Probabilistik) dan Nilai Jarak Euklidean (Deterministik) Untuk Model Dinamik IRI

Model	Lead	AUC dan Ketidakpastian	Jarak Euklidean
KNU	1	$0.71 \pm 0.25$	$2.89 \pm 0.23$
	2	$0.65 \pm 0.28$	$3.88 \pm 0.3$
	3	$0.61 \pm 0.29$	$4.88 \pm 0.36$
	4	$0.62 \pm 0.28$	$5.57 \pm 0.41$
	5	$0.59 \pm 0.29$	$6.02 \pm 0.45$
	6	$0.55 \pm 0.30$	$6.46 \pm 0.49$
	7	$0.52 \pm 0.30$	$6.71 \pm 0.52$
NCEP	1	$0.74 \pm 0.24$	$2.64 \pm 0.23$
	2	$0.73 \pm 0.24$	$3.42 \pm 0.3$
	3	$0.68 \pm 0.27$	$4.19 \pm 0.37$
	4	$0.67 \pm 0.27$	$4.75 \pm 0.42$
	5	$0.64 \pm 0.28$	$5.17 \pm 0.45$
	6	$0.62 \pm 0.28$	$5.31 \pm 0.47$
	7	$0.60 \pm 0.29$	$5.48 \pm 0.48$
AVEDyn	1	$0.74 \pm 0.24$	$2.37 \pm 0.19$
	2	$0.72 \pm 0.25$	$2.79 \pm 0.22$
	3	$0.71 \pm 0.25$	$3.27 \pm 0.25$
	4	$0.68 \pm 0.27$	$3.69 \pm 0.28$
	5	$0.65 \pm 0.28$	$4.07 \pm 0.31$
	6	$0.62 \pm 0.28$	$4.46 \pm 0.35$
	7	$0.60 \pm 0.29$	$4.6 \pm 0.37$

Pada **Tabel 4.3** dapat dilihat bahwa model yang paling baik untuk keakuratan prediksi probabistik yaitu model NCEP dan AVEDyn menurut AUC dan Ketidakpastiannya dan untuk keakuratan prediksi deterministik yaitu model AVEDyn menurut jarak euklidean (EUC). Hal ini terjadi karena Semakin kecil nilai *Euclidean Distance* atau semakin dekat jarak titik data dari *line of perfect forecast*.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini antara lain :

1. Semakin tinggi *lead* untuk setiap model dinamik, nilai AUC dan ketidakpastiannya memiliki keakuratan prediksi yang semakin menurun.
2. Model NCEP dan AVEDyn pada *lead- 1* memiliki keakuratan prediksi yang lebih baik dibandingkan model KNU. Untuk *lead- 2* model NCEP memiliki keakuratan prediksi yang lebih baik dibandingkan model KNU dan AVEDyn. Untuk *lead- 3* hingga *lead- 5* model AVEDyn memiliki keakuratan prediksi yang lebih baik dibandingkan model KNU dan NCEP. Untuk *lead- 6* hingga *lead- 7* model NCEP dan AVEDyn memiliki keakuratan prediksi yang lebih baik dibandingkan model KNU.

#### **V.2 Saran**

Adapun saran dari penelitian ini yaitu :

1. Perlunya kajian lebih dalam lagi terkait model AVEDyn yang memiliki keakuratan prediksi terbaik pada setiap metode yang digunakan dalam verifikasi prediksi.
2. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebaiknya menggunakan *threshold* yang lebih banyak sehingga dapat melihat beda signifikan antara semua model

## DAFTAR PUSTAKA

- BOM. (2016). El Niño Southern Oscillation (ENSO), [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au) (diakses ada 18 September 2017).
- Forrester, J. W. (1987). Lessons From System Dynamics Modeling. International Conference Of The System Dynamics Society, 136-149.
- Halide, H. (2009). Esensi Prediksi. Makassar: Pustaka Pena Press Makassar. 206pp
- Kadarsah. (2010). Aplikasi ROC Untuk Uji Keandalan Model HYBMG. Puslitbang BMKG.
- Kottas, M., Kuss, O., & Zapf, A. (2014). A modified Wald Interval for the area under the ROC curve (AUC) in diagnostic case-control studies. BMC Medical Research Methodology, 14-26.
- Kug J. S., Tim L., An S. I., Kang I. S., Luo J. J., Masson S. (2006). Role of the ENSO–Indian Ocean coupling on ENSO variability in a coupled GCM. Geophysical Research Letters. 33: L09710.
- Luo J. J., Sebastien M., Erich R., Gurvan M. dan Toshio Yamagata. (2005). Reducing Climatology Bias in an Ocean–Atmosphere CGCM with Improved Coupling Physics. Journal of Climate. 18: 2344-2360.
- Madec, G., P. Delecluse, M. Imbard, and C. Lévy, (1998). OPA 8.1 Ocean General Circulation Model reference manual. Note du Pôle de

modélisation (English Version), Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), France, N°11, 91pp.

Mason, S. J., & Graham, N. E. (1999). Conditional Probabilities, Relative Operating Characteristics, and Relative. International Research Institute for Climate Prediction, 713-725.

NOAA Climate. (2016). <https://www.climate.gov/> diakses (pada 18 September 2017).

Page, S. E., Slegert, F., Rieley, J. O., Boehm, H.-D. V., Jaya, A., & Limin, S. (2002). The Amount of Carbon Released From peat and Forest Fires in Indonesia During 1997. Letter to Nature, Vol 420.

Roeckner E., Arpe K., Bengtsson L., Christoph M., Claussen M., Dümenil L., Esch M., Giorgetta M., Schlese U., Schulzweid U. (1996). The atmospheric general circulation model ECHAM-4: Model description and simulation of present-day climate. Max-Planck-Institut für Meteorologie Rep. 218, 90 pp.

Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., et al. (2014). The NCEP Climate Forecast System Version 2. Journal Of Climate, Vol. 27.

Saha, S., Nadiga, S., Thiaw, C., & Wang, J. (2006). The NCEP Climate Forecast System. Environmental Modeling Center, 3483.

Sarachik, E. S., & Cane, M. A. (2010). El Niño Southern Oscillation Phenomenon. Cambridge University Press, 978-0-521-84786-5.

- Shrestha, A. & Kostaschuk. 2005. El Niño Southern Oscillation Phenomenon. Cambridge University Press. New York.
- Syahbudin, B. (2010). Fenomena El Niño dan Pengaruhnya. Bidang Informasi Kedirgantaraan, LAPAN.
- Tacconi, L. (2003). Kebakaran Hutan di Indonesia: Penyebab, Biaya dan Implikasi Kebijakan. Bogor: Centre for International Forestry Research (CIFOR).
- Trenberth, K. (1997). The Definition of El Niño. Bulletin American Meteorological Society, 2771-2777.
- Tisdale, B. (2015). The Differences between Sea Surface Temperature Datasets Prevent Us from Knowing Which El Niño Was Strongest According to Niño3.4 Region Temperature Data.
- Trenberth, K. (2013). El Niño Southern Oscillation (ENSO). Encyclopedia of Ocean Sciences, 228-240.
- Zakir, A., Sulisty, W., & Khotimah, M. K. (2009). Perspektif Operasional Cuaca Tropis. Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika, 978-979.



# LAMPIRAN

1. Data Model KNU

TAHUN	MUSIM	DATA							
		OBS	LEAD 1	LEAD 2	LEAD 3	LEAD 4	LEAD 5	LEAD 6	LEAD 7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2006	ASO	0.5	0.8	0.9	1	0.7	0.7	0.4	0
	SON	0.7	1	1	1	1.1	0.8	0.8	0.4
	OND	0.9	0.9	1.1	1	1	1.1	0.8	0.8
	NDJ	0.9	0.9	0.9	1.1	0.9	0.9	1	0.8
	DJF	0.7	0.9	0.9	0.9	1	0.9	0.9	0.9
2007	JFM	0.4	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8
	FMA	0.1	0.6	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8
	MAM	-0.1	0.1	0.6	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8
	AMJ	-0.2	-0.3	0.1	0.5	0.8	0.8	0.8	0.7
	MJJ	-0.3	-0.4	-0.3	0.1	0.5	0.7	0.7	0.7
	JJA	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.4	0.6	0.6
	JAS	-0.6	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	0.1	0.3	0.5
	ASO	-0.9	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	-0.2	0.1	0.2
	SON	-1.1	-0.5	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0
	OND	-1.3	-0.8	-0.5	-0.3	-0.4	-0.3	-0.1	-0.1
	NDJ	-1.3	-1.1	-0.8	-0.4	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1
	DJF	-1.4	-1.3	-1.1	-0.8	-0.4	-0.2	-0.3	-0.3
2008	JFM	-1.3	-1.2	-1.2	-1	-0.7	-0.3	-0.2	-0.3
	FMA	-1.1	-1.1	-1	-1	-0.8	-0.7	-0.3	-0.1
	MAM	-0.9	-1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2
	AMJ	-0.7	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.5	-0.4
	MJJ	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4
	JJA	-0.4	0	0	0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
	JAS	-0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0	0	-0.1
	ASO	-0.3	0.1	0.4	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1
	SON	-0.4	0.2	0.3	0.6	0.7	0.5	0.4	0.2
	OND	-0.6	0	0.4	0.5	0.7	0.8	0.6	0.5
	NDJ	-0.7	-0.2	0.1	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7
	DJF	-0.7	-0.4	0	0.3	0.6	0.6	0.8	0.9
2009	JFM	-0.6	-0.6	-0.3	0.1	0.4	0.7	0.7	0.8
	FMA	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2	0.2	0.4	0.7	0.7
	MAM	-0.1	-0.5	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.4	0.7
	AMJ	0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	0.2	0.4
	MJJ	0.4	0.1	0	0	0	-0.1	0	0.2
	JJA	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	-0.1	0
	JAS	0.5	0.8	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	-0.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2009	ASO	0.6	1	1	0.7	0.7	0.4	0.3	0.2
	SON	0.9	1.1	1.2	1.2	0.9	0.8	0.5	0.4
	OND	1.1	0.8	1.1	1.2	1.2	0.9	0.8	0.6
	NDJ	1.3	0.8	0.8	1.1	1.2	1.2	0.9	0.8
	DJF	1.3	1.2	0.9	0.8	1.1	1.1	1.1	0.9
2010	JFM	1.2	1.3	1.1	0.8	0.8	1.1	1.1	1.1
	FMA	0.9	1.1	1.2	1.1	0.8	0.8	1	1
	MAM	0.5	0.8	1	1.1	1	0.8	0.8	0.9
	AMJ	0.0	0.4	0.7	0.9	1	0.9	0.7	0.7
	MJJ	-0.4	0.2	0.3	0.6	0.8	0.9	0.8	0.6
	JJA	-0.9	-0.7	0	0.2	0.5	0.7	0.8	0.7
	JAS	-1.2	-1.1	-0.8	0	0.1	0.4	0.6	0.7
	ASO	-1.4	-1	-1.1	-0.7	-0.1	0	0.3	0.6
	SON	-1.5	-0.8	-0.9	-0.9	-0.6	-0.1	0	0.3
	OND	-1.4	-1.2	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	0	0
	NDJ	-1.4	-1.2	-1	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-0.1
	DJF	-1.3	-1.1	-1	-0.8	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3
	2011	JFM	-1.0	-1.2	-1	-0.9	-0.7	-0.4	-0.4
FMA		-0.7	-1.2	-1.1	-1	-0.9	-0.6	-0.4	-0.5
MAM		-0.5	-1	-1.1	-1.1	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4
AMJ		-0.4	-0.7	-0.8	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6
MJJ		-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6
JJA		-0.3	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4
JAS		-0.6	0.1	0.3	0.2	0	-0.1	-0.3	-0.3
ASO		-0.8	-0.1	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	-0.1
SON		-0.9	-0.3	0.1	0.5	0.6	0.5	0.3	0.2
OND		-1.0	-0.4	-0.1	0.3	0.6	0.7	0.6	0.4
NDJ		-0.9	-0.6	-0.3	0.1	0.3	0.6	0.8	0.6
DJF		-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.7	0.8
2012	JFM	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	0	0.3	0.5	0.7
	FMA	-0.4	-0.3	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	0.3	0.5
	MAM	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.1	0	0.2	0.4
	AMJ	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.1	0.2
	MJJ	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	-0.1	0	0.1
	JJA	0.1	0.4	0.5	0.4	0.4	0.2	0	0.1
	JAS	0.3	0.8	0.6	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1
	ASO	0.3	0.8	1	0.8	0.9	0.6	0.5	0.4
	SON	0.3	0.8	1	1.2	1	1	0.7	0.6
	OND	0.1	0.8	0.9	1.2	1.3	1	1.1	0.8
	NDJ	-0.2	0.3	0.9	1	1.3	1.3	1.1	1.1
	DJF	-0.4	0.1	0.3	1	1	1.3	1.2	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013	JFM	-0.4	-0.2	0.1	0.3	1	1	1.2	1.2
	FMA	-0.3	-0.4	-0.2	0.1	0.4	1	1	1.2
	MAM	-0.2	-0.4	-0.3	-0.1	0.2	0.4	1	0.9
	AMJ	-0.2	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	0.4	0.9
	MJJ	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	0	0.2	0.3
	JJA	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	0	-0.1	0	0.1
	JAS	-0.3	0.1	0	0.2	0.3	0.2	0.1	0
	ASO	-0.2	0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1
	SON	-0.3	-0.1	0	0.2	0.1	0.2	0.4	0.2
	OND	-0.3	-0.1	0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
	NDJ	-0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3
DJF	-0.5	0.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	
2014	JFM	-0.5	0.2	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4
	FMA	-0.4	-0.1	0.3	0.6	0.5	0.3	0.4	0.4
	MAM	-0.2	0.1	0.1	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4
	AMJ	-0.1	0.4	0.2	0.2	0.4	0.6	0.5	0.4
	MJJ	0.0	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5
	JJA	-0.1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5
	JAS	0.0	0.8	1	0.8	0.8	0.6	0.4	0.4
	ASO	0.1	0.7	1.1	1.2	1	0.9	0.7	0.5
	SON	0.4	0.8	0.9	1.2	1.2	1	1	0.8
	OND	0.5	0.6	0.9	0.9	1.2	1.2	1	0.9
	NDJ	0.6	0.6	0.7	0.9	1	1.1	1.1	0.9
DJF	0.6	0.8	0.7	0.7	1	1	1.1	1.1	
2015	JFM	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	1	1	1.1
	FMA	0.6	0.5	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9
	MAM	0.7	0.5	0.5	0.6	0.8	0.7	0.7	0.9
	AMJ	0.8	0.5	0.5	0.5	0.6	0.8	0.7	0.7
	MJJ	1.0	0.8	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6
	JJA	1.2	1.1	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5	0.7
	JAS	1.4	1.4	1.2	0.9	0.5	0.5	0.4	0.5
	ASO	1.7	1.8	1.5	1.3	1	0.6	0.5	0.4
	SON	2.0	1.9	1.8	1.6	1.3	1	0.7	0.5
	OND	2.2	1.8	1.8	1.7	1.5	1.3	1	0.6
	NDJ	2.3	1.7	1.7	1.7	1.6	1.4	1.2	0.9
DJF	2.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	
2016	JFM	2.0	1.7	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.1
	FMA	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1
	MAM	1.1	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1
	AMJ	0.6	1	1	1.1	1.1	1	1	0.9
	MJJ	0.1	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2016	JJA	-0.3	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5
	JAS	-0.6	-0.7	-0.5	-0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
	ASO	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.3	-0.1	0	0
	SON	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-0.8	-0.5	-0.3	-0.3
	OND	-0.8	-0.6	-0.8	-0.9	-1	-1	-0.6	-0.6
	NDJ	-0.7	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-0.8
	DJF	-0.4	0.2	-0.4	-0.6	-0.7	-0.9	-1.1	-1.2
2017	JFM	-0.1	0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7	-0.9	-1.2
	FMA	0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.5	-0.6	-0.8	-1
	MAM	0.4	0	-0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7	-0.9
	AMJ	0.4	0.1	0	-0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7
	MJJ	0.2	0.3	0.2	0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.6
	JJA	-0.1	0.5	0.5	0.4	0.3	-0.1	-0.1	-0.3

2. Data Model NCEP

TAHUN	MUSIM	DATA							
		OBS	LEAD 1	LEAD 2	LEAD 3	LEAD 4	LEAD 5	LEAD 6	LEAD 7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2006	ASO	0.5	0.5	0.2	0.5	0.2	-0.3	-0.3	-0.4
	SON	0.7	1	0.6	0.3	0.6	0.3	-0.2	-0.2
	OND	0.9	1	1.2	0.6	0.4	0.6	0.3	-0.1
	NDJ	0.9	1	1.2	1.4	0.6	0.2	0.5	0.2
	DJF	0.7	0.9	1.2	1.4	1.5	0.5	0.1	0.4
2007	JFM	0.4	0.4	0.9	1.3	1.5	1.6	0.4	0.1
	FMA	0.1	-0.3	0.2	0.8	1.2	1.4	1.5	0.4
	MAM	-0.1	-0.5	-0.5	0.2	0.7	1	1.2	1.3
	AMJ	-0.2	-0.3	-0.6	-0.5	0.1	0.6	0.8	1
	MJJ	-0.3	-0.6	-0.6	-0.7	-0.4	0.1	0.5	0.8
	JJA	-0.4	-0.7	-1	-1.1	-0.9	-0.5	0	0.4
	JAS	-0.6	-1	-1.2	-1.2	-1.4	-1.3	-0.7	-0.2
	ASO	-0.9	-1	-1.1	-1.4	-1.2	-1.4	-1.3	-0.7
	SON	-1.1	-1.3	-1.1	-0.9	-1.1	-0.9	-1.1	-1
	OND	-1.3	-1.8	-1.3	-1	-0.8	-0.9	-0.8	-0.9
	NDJ	-1.3	-1.9	-1.7	-1.3	-1	-0.7	-0.8	-0.8
	DJF	-1.4	-1.9	-2.1	-1.7	-1.2	-1	-0.7	-0.7
2008	JFM	-1.3	-2	-2.3	-2.2	-1.7	-1.1	-1	-0.7
	FMA	-1.1	-1.5	-2	-2.5	-2.1	-1.5	-0.9	-0.8
	MAM	-0.9	-1.2	-1.3	-1.8	-2.4	-1.9	-1.2	-0.8
	AMJ	-0.7	-1.1	-1.2	-1.3	-1.7	-2	-1.6	-1
	MJJ	-0.5	-0.3	-0.9	-1.1	-1.2	-1.5	-1.7	-1.4
	JJA	-0.4	0.2	0.2	-0.8	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5
	JAS	-0.3	0.2	0.5	0.5	-0.7	-0.8	-1.2	-1.3
	ASO	-0.3	0	0.3	0.5	0.6	-0.6	-0.8	-1.2
	SON	-0.4	-0.3	-0.2	0.2	0.4	0.5	-0.6	-0.8
	OND	-0.6	-0.6	-0.4	-0.3	0.1	0.3	0.5	-0.5
	NDJ	-0.7	-0.6	-0.7	-0.5	-0.3	0	0.1	0.5
DJF	-0.7	-1.4	-1	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	-0.1	
2009	JFM	-0.6	-0.7	-1.6	-1.2	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3
	FMA	-0.4	-0.3	-0.5	-1.6	-1.2	-0.6	-0.6	-0.5
	MAM	-0.1	-0.3	-0.1	-0.4	-1.4	-1.1	-0.5	-0.4
	AMJ	0.2	0	-0.2	0.1	-0.3	-1.2	-1	-0.4
	MJJ	0.4	0.5	0.2	0	0.4	-0.2	-0.9	-0.7
	JJA	0.5	1.1	0.7	0.4	0.2	0.6	-0.1	-0.7
	JAS	0.5	1.1	1.3	0.8	0.4	0.3	0.7	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2009	ASO	0.6	1.1	1.3	1.5	1.1	0.5	0.3	0.8
	SON	0.9	1.2	1.3	1.6	1.6	1.3	0.6	0.4
	OND	1.1	1.4	1.4	1.5	1.9	1.9	1.5	0.8
	NDJ	1.3	1.5	1.4	1.6	1.7	2	2.1	1.5
	DJF	1.3	1.6	1.3	1.2	1.5	1.6	1.9	2
2010	JFM	1.2	1.3	1.3	1.2	1	1.3	1.4	1.7
	FMA	0.9	1.2	1.1	1.1	1.1	0.9	1.1	1.2
	MAM	0.5	0.8	1	1	0.9	1	0.8	1
	AMJ	0.0	0.4	0.4	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8
	MJJ	-0.4	-0.4	0.1	0.2	0.7	0.9	0.8	0.9
	JJA	-0.9	-1	-0.6	-0.2	0	0.5	0.9	0.8
	JAS	-1.2	-0.9	-1	-0.6	-0.3	-0.1	0.4	0.8
	ASO	-1.4	-1	-1.1	-1	-0.6	-0.4	-0.1	0.3
	SON	-1.5	-1.6	-1.4	-1.3	-1.1	-0.8	-0.5	-0.2
	OND	-1.4	-1.8	-1.9	-1.7	-1.6	-1.3	-1.1	-0.6
	NDJ	-1.4	-1.6	-1.7	-1.9	-1.8	-1.7	-1.4	-1.2
	DJF	-1.3	-1.6	-1.5	-1.5	-1.7	-1.6	-1.6	-1.3
2011	JFM	-1.0	-1.2	-1.4	-1.4	-1.2	-1.4	-1.3	-1.3
	FMA	-0.7	-0.7	-0.8	-1.1	-1.1	-0.9	-1.1	-1
	MAM	-0.5	-0.6	-0.5	-0.7	-1.1	-1.1	-0.8	-1
	AMJ	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.8	-1.2	-1.2	-0.9
	MJJ	-0.3	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.8	-1.3	-1.2
	JJA	-0.3	0.1	0.3	-0.1	-0.3	-0.3	-0.8	-1.3
	JAS	-0.6	-0.2	0.1	0.4	0	-0.3	-0.3	-0.8
	ASO	-0.8	-0.5	-0.3	0	0.5	0	-0.4	-0.5
	SON	-0.9	-1	-0.5	-0.5	-0.1	0.5	-0.1	-0.5
	OND	-1.0	-1.3	-1.3	-0.8	-0.7	-0.3	0.5	-0.2
	NDJ	-0.9	-1.1	-1.5	-1.3	-0.9	-0.8	-0.4	0.5
	DJF	-0.7	-1.2	-1.2	-1.5	-1.3	-1	-0.9	-0.4
2012	JFM	-0.5	-0.9	-1	-1.1	-1.4	-1.1	-0.9	-0.8
	FMA	-0.4	-0.6	-0.8	-0.9	-0.9	-1.2	-1	-0.7
	MAM	-0.4	-0.5	-0.4	-0.6	-0.8	-0.8	-1.2	-0.9
	AMJ	-0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.8	-0.8	-1.2
	MJJ	-0.1	0	0.2	0	-0.1	-0.5	-0.8	-0.8
	JJA	0.1	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	-0.4	-0.8
	JAS	0.3	0.7	0.4	0.3	0.4	0.2	0.3	-0.3
	ASO	0.3	0.7	0.9	0.6	0.5	0.5	0.2	0.4
	SON	0.3	0.7	0.9	1	0.7	0.6	0.5	0.1
	OND	0.1	0.7	0.6	1	1.1	0.9	0.6	0.5
	NDJ	-0.2	0	0.6	0.6	1.1	1.1	0.8	0.7
	DJF	-0.4	-0.5	-0.4	0.6	0.5	1.1	0.9	0.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013	JFM	-0.4	-0.6	-0.7	-0.5	0.5	0.4	0.9	0.7
	FMA	-0.3	0.1	-0.4	-0.6	-0.4	0.4	0.3	0.7
	MAM	-0.2	0	-0.1	-0.3	-0.5	-0.1	0.3	0.3
	AMJ	-0.2	0.4	0	-0.1	-0.1	-0.3	0.1	0.3
	MJJ	-0.2	0.1	0.2	-0.1	-0.1	0	-0.1	0.4
	JJA	-0.3	0	0.2	0.1	-0.1	0	0.2	0.2
	JAS	-0.3	0	0.2	0.2	0.1	-0.2	0	0.3
	ASO	-0.2	-0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	-0.1	0.1
	SON	-0.3	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	-0.1
	OND	-0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.5	0.1	0.2
	NDJ	-0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	-0.1	0.3	0
DJF	-0.5	-0.2	0	0.4	0.3	0.1	-0.3	0.2	
2014	JFM	-0.5	-0.1	-0.2	-0.1	0.4	0.3	0.2	-0.3
	FMA	-0.4	-0.1	0.2	0	0	0.5	0.3	0.3
	MAM	-0.2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2	0.5	0.4
	AMJ	-0.1	0.7	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.6
	MJJ	0.0	0.6	1	0.7	0.5	0.7	0.6	0.4
	JJA	-0.1	0.4	0.7	1.1	0.8	0.6	0.8	0.8
	JAS	0.0	0.5	0.5	0.8	1.1	0.8	0.6	0.9
	ASO	0.1	0.5	0.7	0.7	1	1.3	0.9	0.7
	SON	0.4	0.6	0.9	1	0.9	1.2	1.5	1.1
	OND	0.5	0.5	0.8	1.1	1.1	0.9	1.3	1.5
	NDJ	0.6	0.8	0.6	0.8	1.1	1	0.9	1.2
DJF	0.6	0.5	0.6	0.6	0.8	1	0.9	0.8	
2015	JFM	0.5	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	0.8
	FMA	0.6	0.7	0.5	0.4	0.7	0.7	0.8	0.9
	MAM	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.8	0.8	0.9
	AMJ	0.8	1	0.9	0.9	0.8	0.7	1	0.9
	MJJ	1.0	1.5	1.4	1.1	1	1	1	1.3
	JJA	1.2	1.6	1.9	1.7	1.2	1.1	1.4	1.3
	JAS	1.4	2	1.8	2.2	1.8	1.2	1.1	1.6
	ASO	1.7	2.1	2.5	2	2.4	2	1.3	1.2
	SON	2.0	2.2	2.5	2.9	2.3	2.7	2.2	1.4
	OND	2.2	2.3	2.3	2.7	3	2.4	2.7	2.2
	NDJ	2.3	2.5	2.2	2.1	2.4	2.7	2.3	2.4
DJF	2.2	2.7	2.2	1.9	1.8	2	2.2	1.9	
2016	JFM	2.0	2.3	2.4	1.9	1.6	1.4	1.6	1.7
	FMA	1.6	1.6	1.9	2.1	1.7	1.3	1.2	1.3
	MAM	1.1	1.5	1.4	1.5	1.9	1.5	0.9	1
	AMJ	0.6	0.6	1.2	1.1	1.2	1.6	1.2	0.6
	MJJ	0.1	-0.3	-0.2	1.1	0.9	0.8	1.3	0.9



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2016	JJA	-0.3	-0.5	-0.9	-0.9	1	0.7	0.4	0.9
	JAS	-0.6	-0.3	-0.8	-1.1	-1.2	1	0.6	0.2
	ASO	-0.8	-0.5	-0.6	-1	-1.2	-1.4	1	0.4
	SON	-0.8	-0.6	-0.4	-0.7	-1	-1.2	-1.6	1.1
	OND	-0.8	-0.9	-0.6	-0.4	-0.8	-1.1	-1.3	-1.8
	NDJ	-0.7	-0.6	-1	-0.7	-0.6	-0.9	-1.2	-1.4
	DJF	-0.4	0.5	-0.6	-1	-0.6	-0.6	-0.8	-1.2
2017	JFM	-0.1	-0.1	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3	-0.5	-0.6
	FMA	0.2	0.1	0.1	-0.5	-0.4	-0.3	0	-0.2
	MAM	0.4	0.3	0.5	0.2	-0.4	-0.1	-0.1	0.2
	AMJ	0.4	0.5	0.6	0.7	0.3	-0.3	0.1	0.2
	MJJ	0.2	0.5	0.8	0.7	0.9	0.3	-0.3	0.2
	JJA	-0.1	0.6	0.5	0.8	0.8	1	0.3	-0.1

### 3. Data Model AVEDyn

TAHUN	MUSIM	DATA							
		OBS	LEAD 1	LEAD 2	LEAD 3	LEAD 4	LEAD 5	LEAD 6	LEAD 7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2006	ASO	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4
	SON	0.7	0.7	0.5	0.5	0.4	0.2	0.3	0.2
	OND	0.9	0.9	0.8	0.5	0.5	0.5	0.2	0.4
	NDJ	0.9	1	1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.3
	DJF	0.7	1.1	1	1	0.9	0.5	0.5	0.5
2007	JFM	0.4	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.5	0.4
	FMA	0.1	0.3	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4
	MAM	-0.1	-0.1	0.2	0.4	0.7	0.7	0.8	0.7
	AMJ	-0.2	-0.5	-0.2	0.1	0.3	0.6	0.7	0.7
	MJJ	-0.3	-0.5	-0.6	-0.2	0	0.2	0.5	0.6
	JJA	-0.4	-0.7	-0.7	-0.7	-0.4	0	0.2	0.4
	JAS	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.4	0	0.1
	ASO	-0.9	-0.8	-0.9	-1	-0.7	-0.8	-0.4	0
	SON	-1.1	-0.9	-0.8	-0.9	-0.9	-0.7	-0.7	-0.3
	OND	-1.3	-1.2	-0.9	-0.7	-0.7	-0.9	-0.8	-0.7
	NDJ	-1.3	-1.4	-1.2	-0.8	-0.6	-0.6	-0.8	-0.7
	DJF	-1.4	-1.6	-1.4	-1.1	-0.7	-0.5	-0.5	-0.7
2008	JFM	-1.3	-1.4	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.5
	FMA	-1.1	-1.4	-1.3	-1.3	-0.9	-0.8	-0.5	-0.2
	MAM	-0.9	-1.1	-1.2	-1.1	-1	-0.7	-0.6	-0.4
	AMJ	-0.7	-0.8	-1	-1	-0.9	-0.9	-0.5	-0.4
	MJJ	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.3
	JJA	-0.4	-0.2	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6
	JAS	-0.3	0.1	0	-0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.5
	ASO	-0.3	0.2	0.2	0.1	0	-0.2	-0.5	-0.6
	SON	-0.4	0.2	0.3	0.3	0.1	0	-0.1	-0.5
	OND	-0.6	-0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1	-0.1
	NDJ	-0.7	-0.3	-0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
	DJF	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	0.3	0.2	0.3	0.1
2009	JFM	-0.6	-0.6	-0.5	-0.2	-0.1	0.3	0.2	0.2
	FMA	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0	0.3	0.1
	MAM	-0.1	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	0.2
	AMJ	0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0	0.1
	MJJ	0.4	0.2	0	0.1	0.1	0	0	0.1
	JJA	0.5	0.6	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0
	JAS	0.5	1	0.8	0.6	0.4	0.4	0.3	0.2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2009	ASO	0.6	1.1	1.2	0.9	0.7	0.4	0.6	0.3	
	SON	0.9	1.2	1.3	1.3	1.1	0.8	0.6	0.6	
	OND	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.1	1	0.6	
	NDJ	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.2	1	
	DJF	1.3	1.5	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.1	
2010	JFM	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2	
	FMA	0.9	1.1	1.2	1.1	1	1	1	0.9	
	MAM	0.5	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	
	AMJ	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	
	MJJ	-0.4	-0.1	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	
	JJA	-0.9	-0.8	-0.4	-0.3	0	0.2	0.4	0.3	
	JAS	-1.2	-1.2	-1	-0.5	-0.5	-0.1	0.1	0.2	
	ASO	-1.4	-1.3	-1.2	-1	-0.6	-0.5	-0.2	-0.1	
	SON	-1.5	-1.5	-1.4	-1.2	-1	-0.6	-0.5	-0.2	
	OND	-1.4	-1.8	-1.6	-1.4	-1.1	-1	-0.7	-0.6	
	NDJ	-1.4	-1.7	-1.7	-1.5	-1.4	-1.1	-1.1	-0.7	
	DJF	-1.3	-1.5	-1.6	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-1	
	2011	JFM	-1.0	-1.3	-1.3	-1.4	-1.3	-1.1	-1.1	-0.7
FMA		-0.7	-1	-1	-1.1	-1.1	-1.1	-0.9	-0.9	
MAM		-0.5	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	-1	-0.7	
AMJ		-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.9	
MJJ		-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	
JJA		-0.3	0	0	0.1	0	0	-0.4	-0.3	
JAS		-0.6	0	0.1	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.3	
ASO		-0.8	0.2	0	0.1	0.2	0.3	0	-0.1	
SON		-0.9	-0.5	-0.2	0	0.1	0.3	0.3	-0.1	
OND		-1.0	-0.7	-0.5	-0.2	-0.1	0.1	0.4	0.3	
NDJ		-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.2	
DJF		-0.7	-0.9	-0.9	-0.7	-0.4	-0.2	-0.1	0	
2012	JFM	-0.5	-0.9	-0.7	-0.7	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	
	FMA	-0.4	-0.6	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	
	MAM	-0.4	-0.3	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.2	
	AMJ	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	-0.2	-0.4	
	MJJ	-0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	
	JJA	0.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0	0	
	JAS	0.3	0.7	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.1	
	ASO	0.3	0.7	0.9	0.7	0.7	0.6	0.4	0.3	
	SON	0.3	0.8	0.9	1	0.8	0.8	0.6	0.3	
	OND	0.1	0.8	0.8	1	1.1	0.9	0.8	0.7	
	NDJ	-0.2	0.4	0.8	0.8	1.1	1	0.8	0.8	
	DJF	-0.4	0.2	0.4	0.8	0.8	1	0.9	0.8	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013	JFM	-0.4	-0.1	0.1	0.3	0.8	0.7	0.9	0.8
	FMA	-0.3	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.7	0.6	0.8
	MAM	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.6	0.4
	AMJ	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0	0.1	0.4	0.4
	MJJ	-0.2	-0.2	-0.1	0	-0.1	0.1	0.1	0.3
	JJA	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0	0.1	0.2
	JAS	-0.3	-0.2	-0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1
	ASO	-0.2	0	-0.2	-0.1	0	0.1	0.1	0.1
	SON	-0.3	0	0	-0.2	0	0.1	0.1	0.1
	OND	-0.3	-0.1	0	0.1	-0.1	0	0.1	0.1
	NDJ	-0.3	0	-0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.2
	DJF	-0.5	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.1
2014	JFM	-0.5	-0.1	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1
	FMA	-0.4	-0.1	0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
	MAM	-0.2	-0.1	0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
	AMJ	-0.1	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3
	MJJ	0.0	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4
	JJA	-0.1	0.6	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5
	JAS	0.0	0.5	0.7	0.8	1	0.7	0.5	0.5
	ASO	0.1	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	0.7	0.5
	SON	0.4	0.6	0.6	0.8	0.9	0.9	1.1	0.8
	OND	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.2
	NDJ	0.6	0.8	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9
	DJF	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
2015	JFM	0.5	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8
	FMA	0.6	0.5	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7
	MAM	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8
	AMJ	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7
	MJJ	1.0	1.2	1	1	0.8	0.7	0.8	0.8
	JJA	1.2	1.5	1.4	1.2	1.1	1	0.7	0.8
	JAS	1.4	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	0.9	0.7
	ASO	1.7	2.2	2	1.6	1.6	1.4	1.1	0.9
	SON	2.0	1.6	2.4	2.1	1.7	1.7	1.3	1.1
	OND	2.2	2.5	1.8	2.5	2.2	1.8	1.6	1.3
	NDJ	2.3	2.6	2.5	1.9	2.5	2.1	1.6	1
	DJF	2.2	2.5	2.4	2.3	1.9	2.3	1.9	1.6
2016	JFM	2.0	2.2	2.1	2.1	2.1	1.8	2	1.7
	FMA	1.6	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.7
	MAM	1.1	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
	AMJ	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8
	MJJ	0.1	-0.4	0	0.3	0.2	0.1	0.3	0.5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2016	JJA	-0.3	-0.5	-0.8	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.1	
	JAS	-0.6	-0.5	-0.7	-0.9	-0.7	-0.4	-0.4	-0.7	
	ASO	-0.8	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-0.7	-0.4	-0.4	
	SON	-0.8	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.4	
	OND	-0.8	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-1	-0.9	
	NDJ	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.9	-1	
	DJF	-0.4	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	
2017	JFM	-0.1	-0.1	-0.2	-0.5	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	
	FMA	0.2	0.1	0	-0.1	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4	
	MAM	0.4	0.4	0.3	0.1	0	-0.2	-0.1	-0.2	
	AMJ	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	-0.1	0	
	MJJ	0.2	0.5	0.6	0.7	0.5	0.2	0.2	0.1	
	JJA	-0.1	0.3	0.6	0.8	0.8	0.6	0.4	0.3	