

Skripsi Geofisika

**PENINGKATAN *SKILL* PREDIKSI ENSO MODEL
DINAMIK OPERASIONAL IRI (*INTERNATIONAL
RESEARCH INSTITUTE*) DENGAN KONSENSUS**



Oleh:

FAJRIANI SAMRIN

H221 15 309

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



**PENINGKATAN *SKILL* PREDIKSI ENSO MODEL
DINAMIK OPERASIONAL IRI (*INTERNATIONAL
RESEARCH INSTITUTE*) DENGAN KONSENSUS**

Skripsi untuk melengkapi tugas – tugas dan memenuhi syarat
untuk mencapai gelar sarjana



FAJRIANI SAMRIN

H221 15 309

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



**PENINGKATAN *SKILL* PREDIKSI ENSO MODEL
DINAMIK OPERASIONAL IRI (*INTERNATIONAL
RESEARCH INSTITUTE*) DENGAN KONSENSUS**

Oleh:

FAJRIANI SAMRIN

H221 15 309

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu syarat ujian

Guna memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Pendidikan Sarjana, Program Studi Geofisika ini

Telah disetujui oleh Tim Pembimbing pada tanggal

Seperti tertera di bawah ini

Makassar, 22 Januari 2018

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Halide, M.Sc
98710 1 001

Pembimbing Pertama

Drs. Hasanuddin, M.Si
NIP. 19571231 198003 1 021



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajriani Samrin
NIM : H22115309
Program Studi : Geofisika
Judul TA : Peningkatan *Skill* Prediksi ENSO Model Dinamik
Operasional IRI (International Research Institute)
dengan Konsensus

menyatakan bahwa skripsi ini benar – benar asli karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau lembaga penelitian lain kecuali bagian acuan dan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim, karya tulis inipun murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukkan Tim Penguji.

Makassar, 22 Januari 2019

Yang membuat pernyataan,



ABSTRAK

Fenomena iklim global yang dapat memengaruhi cuaca dan iklim di Indonesia salah satunya yaitu ENSO. Fenomena ini beresiko cukup besar untuk iklim Indonesia yang dapat merugikan berbagai sektor baik segi social maupun ekonomi. Penelitian ini mengarah kepada peningkatan dalam hal memprediksi perkembangan kejadian ENSO dari model dinamik (NCEP, KNU, JMA, ECMWF dan AVEDyn) dan observasi dengan cara konsensus. Data observasi dan prediksi ENSO yang digunakan dimulai dari Agustus-September-Oktober (ASO) 2006 hingga musim Juli-Agustus-September (JAS) 2018 dalam rentang waktu 13 tahun. Adapun verifikasi skill prediksi model dilakukan secara deterministik menggunakan korelasi pearson dan root mean square error. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa akurasi prediksi model dinamik AVEDyn dengan konsensus relative lebih baik dibanding dengan model dinamik lainnya sehingga relatif mampu meningkatkan skill prediksi khususnya untuk fenomena ENSO.

Kata kunci: Konsensus; ENSO; skill prediksi; Model; Dinamik;



ABSTRACT

One of the global climate phenomena can affect the weather and climate of Indonesia is ENSO. This phenomenon has a big risk to Indonesia's climate which can harm various sectors both socially and economically. This study leads to an increase in predicting the development of ENSO events from dynamic models (NCEP, KNU, JMA, ECMWF, and AVEDyn) and observations data by consensus. Observation and prediction data of ENSO used began from August-September-October (ASO) in 2006 until the July-August-September (JAS) in 2018 in the span of 13 years. The verification of model prediction skills is done deterministically using pearson correlation and root-mean-square error. From the results of the study, it was found that the accuracy of AVEDyn dynamic model prediction with consensus was relatively better than other dynamic models so that it was relatively able to improve predictive skills, especially for ENSO phenomena.

Kata kunci: Consensus; ENSO; prediction skill; Model; Dynamic



KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirobbil ‘alamin. Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains dengan judul **“Peningkatan Skill Prediksi ENSO Model Dinamik Operasional IRI (*International Research Institute*) dengan Konsensus”**. Dalam penulisan skripsi ini, penulis dengan segala keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dapat melewati berbagai hambatan yang ada berkat bantuan dari berbagai pihak. Berkenaan dengan hal tersebut, izinkan penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sangat tulus kepada **Ayahanda Samrin Kasim, S.Pd (Alm)** dan **Ibunda Asmawati, SE** serta saudara – saudara terkasih dan tersayang **Asrini Samrin, ST** dan **Asrina Samrin, ST., MT** atas segala dukungan yang diberikan baik dukungan moril, materil, pengorbanan, dan kasih sayang yang tak terhingga serta setiap do’a yang tak henti terucap disetiap sujudnya. Untuk semua keluarga besar yang senantiasa memberikan motivasi dan nasehat kepada penulis diucapkan terima kasih.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc.**, selaku pembimbing utama dan Bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si.**, selaku pembimbing pertama yang telah sabar dan tulus memberikan bimbingan serta mengarahkan penulis hingga mampu menyelesaikan skripsi ini.

Bapak **Dr. Paharuddin, M.Si** dan Bapak **Dr. Samsu Arif, M.Si** selaku pembimbing kedua yang telah memberikan banyak arahan, masukan, dan saran kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.



3. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
4. Bapak **Dr. Muh. Altin Massinai, MT.Surv** selaku Ketua Program Studi Geofisika, FMIPA, Universitas Hasanuddin.
5. Bapak **Ir. Bambang Harimeji, M.Si** selaku penasehat akademik yang telah banyak memberikan nasehat dan dukungan kepada penulis.
6. Seluruh dosen program studi geofisika, staf prodi, jurusan, fakultas, laboratorium, dan perpustakaan FMIPA UNHAS, atas semua ilmu yang telah diajarkan dan pelayanan yang telah diberikan.
7. Bapak **Dr. Trismidianto, M.Si** selaku pembimbing KP yang selalu ramah dan pantang lelah untuk membagi ilmunya.
8. Guru-guru saat **SD, SMP, SMA** atas segala bekal ilmu yang telah diberikan selama sekolah.
9. Saudariku **Uni** dan **Deay** tempat untuk bertukar pikiran mengenai uniknya dunia.
10. Saudariku **Yulmiati**, teman seperjuangan Tugas Akhir yang selalu memberikan support baik dalam bentuk rohani dan jasmani.
11. Kakak **Andika, S.Si** dan kakak **Ditha Hardiyanti Kiraman, S.Si** yang selalu memberikan saran dan kritik dalam penelitian ini.
12. Kakak **Putri Wulandari, S.Si**, yang selalu memberikan dorongan, semangat dan ilmu yang tiada henti.
13. Teman seperjuan **KP** di LAPAN, yang selalu memberikan semangat dan dukungannya: **Ika** (my pathner in crime), **Abet, Rahayu, Sakina, Muslima, Fadil** dan **Firman**.
14. Asisten praktikum dan Kuliah Lapang Geofisika 2017.
15. Teman – teman seangkatan **HIMAFI 2015** Saudara-saudariku “**Satu Dalam Dekapan**” .
16. Teman – teman seangkatan **Geofisika 2015** yang tidak bisa saya sebutkan satu – satu terima kasih atas segala supportnya selama ini.
Teman – teman seperjuangan Tugas Akhir: **Icha, Defa, Kak Fina, dan kak Arin**.



18. Teman – teman “**Keluarga KONOHA**” KKN PPM UNHAS Gelombang 99 Desa Lanne, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkajene & Kepulauan.
19. Serta kepada seluruh pihak yang ikut serta membantu sehingga skripsi ini selesai yang tidak dapat penulis sebutkan, terima kasih.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis berharap dengan segala kerendahan hati adanya kritis dan saran yang membangun untuk memperbaiki segala kekurangan yang ada. Namun. Penulis tetap berharap agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Makassar, 22 Januari 2019



DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN PENUNJUK SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 <i>El Nino Southern Oscillation</i> (ENSO)	5
II.2 Model Dinamik	10
II.3 Verifikasi Prediksi	15
II.4 Kombinasi <i>Forecast</i> (Konsensus)	18
METODOLOGI	19
1.1 Alat dan Bahan Penelitian	19
1.2 Tahap Penelitian	20



III.3 Bagan Alir	22
BAB IV PEMBAHASAN	23
IV.1 Hasil	23
IV.1.1 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO 4 Model Dinamik	23
IV.1.2 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO 6 Model Dinamik	27
IV.1.3 Diagram Sebaran Akurasi Prediksi 4 Model Dinamik	29
IV.1.4 Diagram Sebaran Akurasi Prediksi 6 Model Dinamik	34
IV.1.5 Verifikasi Prediksi Model Dinamik	40
IV.1.5.1 Korelasi Pearson dan RMSE 4 Model Dinamik	40
IV.1.5.2 Korelasi Pearson dan RMSE 6 Model Dinamik	43
IV.2 Pembahasan	45
BAB V PENUTUP	48
V.1 Kesimpulan	48
V.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	52



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tahun ENSO berdasarkan indikator SST Niño 3.4	9
Tabel 2.2 Profil Model Dinamik	16
Tabel 4.1 Nilai Koefisien Korelasi dan Root Mean Square Error pada Gambar 4.21 dan Gambar 4.22	42
Tabel 4.2 Nilai Koefisien Korelasi dan Root Mean Square Error pada Gambar 2.23 dan Gambar 2.24	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun normal	6
Gambar 2.2 Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik tahun El Niño	7
Gambar 2.3 Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun La Niña	8
Gambar 2.4 Indikator Suhu Muka Laut Niño 3.4	9
Gambar 4.1 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 1	23
Gambar 4.2 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 2	24
Gambar 4.3 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 3	24
Gambar 4.4 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 4	25
Gambar 4.5 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 5	25
Gambar 4.6 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 6	26
Gambar 4.7 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 7	26
Gambar 4.8 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 1	27
Gambar 4.9 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 2	28
Gambar 4.10 Grafik Deret Waktu Prediksi ENSO Model Dinamik Lead – 3 ...	29
Gambar 4.11 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan Observasi untuk Model Dinamik NCEP	30
Gambar 4.12 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan Observasi untuk Model Dinamik KNU	31
Gambar 4.13 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan Observasi untuk Model AVEDyn	32
Gambar 4.14 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan Observasi untuk Model Dinamik AVEDyn Konsensus	33
Gambar 4.15 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan Observasi untuk Model Dinamik NCEP	34
Gambar 4.16 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan	35
Observasi untuk Model Dinamik KNU	



Gambar 4.17 Diagram Sebaran Hasil prediksi dibandingkan dengan observasi untuk model dinamik JMA	36
Gambar 4.18 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan Observasi untuk Model Dinamik ECMWF	37
Gambar 4.19 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan Observasi untuk Model Dinamik AVEDyn	38
Gambar 4.20 Diagram Sebaran Hasil Prediksi Dibandingkan dengan Observasi untuk Model Dinamik Avedyn Konsensus	39
Gambar 4.21 Hasil Korelasi Pearson dan Root Mean Square Error Model Dinamik	41
Gambar 4.22 Hasil Korelasi Pearson Dan RMSE 6 Model Dinamik	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data observasi dan prediksi ENSO musiman	53
Lampiran 2 Laman data observasi dan prediksi ENSO musiman	83



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di wilayah tropis yang dilalui oleh garis khatulistiwa, dimana diapit oleh dua benua yaitu Asia dan Australia serta dua samudera yaitu Pasifik dan Hindia. Letak geografis inilah yang menyebabkan Indonesia unik sehingga memiliki cuaca dan iklim yang sangat kompleks dan dinamis. Hal ini menyebabkan kondisi cuaca dan iklim di Indonesia menjadi tidak normal sering terjadi karena mendapat pengaruh dari fenomena iklim global.

Salah satu fenomena iklim global yang memengaruhi cuaca dan iklim di Indonesia yaitu ENSO. *El Nino–Southern Oscillation* (ENSO) adalah sebuah peristiwa gangguan iklim yang besar yang berasal dari Samudera Pasifik dan terjadi setiap 2 sampai 7 tahun (M Vikas dan Dwarakish, 2015). Meskipun ENSO berasal dan berkembang dari Samudera Pasifik, tetapi efek dari ENSO sangat terasa di luar daerah tropis Samudera Pasifik yang berdampak bagi suhu dan curah hujan secara global (Bradley *dkk.*, 1987). Selain itu dampak dari ENSO terhadap iklim Indonesia yang sangat dominan yaitu menyebabkan kekeringan, banjir dan perubahan lainnya yang dapat mengganggu berbagai bidang seperti pertanian, lingkungan, perikanan, kesehatan, kualitas udara, dan bahkan dapat beresiko terjadinya kebakaran (Trenberth, 2013). Maka dari itu sebaiknya dilakukan penelitian dalam hal kemampuan memprediksi perkembangan kejadian ENSO



dengan pemilihan model prediksi terbaik sehingga membantu mengurangi dampak sosial-ekonomi yang dapat ditimbulkan.

Model yang umumnya digunakan untuk memprediksi ENSO terbagi atas 2, yaitu model dinamik dan model statistik. Prediksi menggunakan model dinamik terfokus berdasarkan proses fisis yang terjadi di atmosfer dengan pemodelan resolusi tinggi sedangkan prediksi model statistik lebih kepada penggunaan data di masa lalu sebagai acuannya. Pada penelitian ini, peneliti terfokus pada peningkatan skill prediksi khususnya pada model dinamik dengan menggunakan cara konsensus atau dengan kata lain mengkombinasikan beberapa model yang telah ada sebelumnya yang kemudian digabungkan untuk meminimalisir kesalahan yang dihasilkan dari peramalan tunggal sehingga dapat meningkatkan *skill* prediksi untuk mengurangi ketidakpastian yang akan terjadi. Banyak institusi yang berlomba-lomba untuk mengeluarkan data prediksi model dinamik terbaik, salah satunya *International Research Institut* (IRI).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Andika (2017) dan Dewi Putriyani Rachmat (2017) untuk melihat kualitas/keakuratan prediksi 3 model dinamik yang sifatnya individu dan 1 model dinamik rata-rata namun dari keseluruhan model yang bersumber dari institusi IRI. Penelitian lainnya dimana melihat keakuratan prediksi menggunakan cara konsensus (perata-rataan) dilakukan oleh Kirtman *dkk.*, (2000) cukup berhasil untuk melakukan peningkatan model prediksi hanya

ang waktu yang digunakan untuk prediksi yaitu 6 hingga 12 bulan. n penelitian ini dengan 3 penelitian sebelumnya terletak pada tan skill prediksi dengan menggunakan hasil perata-rataan (konsensus)



dari ke 4 model dinamik terbaik yang berasal dari institusi IRI dalam rentang waktu 13 tahun

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perbandingan keakuratan prediksi ENSO model dinamik kombinasi semua model keluaran IRI dan model dinamik hasil konsensus?
2. Bagaimana perbandingan kemampuan prediksi ENSO model dinamik IRI yaitu *National Center for Environmental Prediction* (NCEP), *Korea National University* (KNU), *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF), dan *Japan Meteorology Agency* (JMA) dalam rentang waktu 13 tahun?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada analisis keakuratan prediksi model dinamik dalam meramalkan ENSO terhadap data observasi dengan kemampuan konsensus dalam rentang waktu 13 tahun (Musim Agustus-September-Oktober (ASO) 2006 hingga Juli-Agustus-September (JAS) 2018). Analisis model dinamik pada penelitian ini menggunakan dua buah metrik untuk mengukur kualitas dari keakuratan prediksi ENSO yaitu korelasi *Pearson* dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu:

Membandingkan keakuratan prediksi ENSO model dinamik IRI kombinasi dengan model dinamik IRI hasil konsensus (perata-rataan).



2. Membandingkan kemampuan prediksi ENSO 4 model dinamik IRI yaitu *National Center for Enviromental Prediction (NCEP)*, *Korea National University (KNU)*, *Eoropean Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)*, dan *Japan Meteorology Agency (JMA)* dalam rentang waktu 13 tahun.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 *El Nino Southern Oscillation* (ENSO)

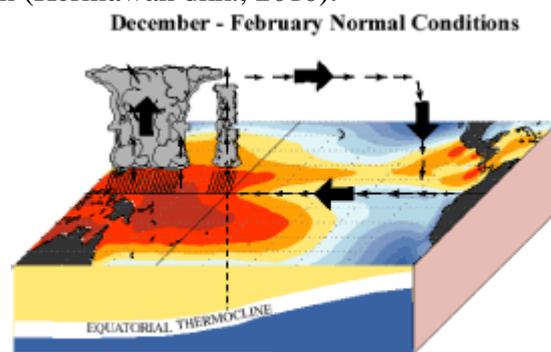
El Niño Southern Oscillation (ENSO) merupakan salah satu fenomena global yang terjadi di Samudera Pasifik yang disebabkan oleh gabungan interaksi atmosfer – laut yang menyebabkan terjadinya variasi iklim tahunan di dunia. Terdapat dua komponen dari interaksi laut dan atmosfer yaitu *El Niño* dan *Southern Oscillation* (osilasi selatan). *El Niño* mencerminkan proses anomali temperatur permukaan laut di Pasifik Tropis, sedangkan osilasi selatan mencerminkan pola jungkat-jungkit tekanan udara di Pasifik dan Hindia. Fenomena ini terjadi di pantai Barat Ekuator dan Peru dimana suhu permukaan lautnya lebih tinggi daripada rata-rata normalnya (Trenberth, 1997). Fenomena ENSO dibagi menjadi 3 yaitu ENSO Netral, *El Niño* dan *La Niña*.

El Niño dalam Bahasa Spanyol berarti anak laki-laki, dengan merujuk secara spesifik pada Bayi Kristus. Nama ini diberikan oleh Nelayan Peru untuk menandai aliran arus hangat ke arah selatan di sepanjang Pantai Barat Peru, dan Ekuator yang terjadi setiap tahun selama masa natal. Istilah ini kemudian digunakan untuk menandai kejadian kenaikan temperatur laut yang tidak biasa yang terjadi beberapa tahun sekali di Perairan Timur Pasifik Ekuator. Fenomena ini

ganggu aktifitas nelayan lokal, yang membuat kematian massal burung, dan hujan lebat di wilayah tersebut. Sampai tahun 1960 – an, kejadian ini dipandang sebagai fenomena lokal di Peru saja. Terjadinya pemanasan di



perairan sekitar pantai dan hujan lebat di wilayah Pantai Barat Peru ini dihubungkan oleh para peneliti dengan pemanasan pada kolam air di Pasifik Tropis dalam skala luas yang berdampak pada iklim global (Philander, 1990). Saat ini, istilah dari *El Niño* diartikan sebagai fenomena yang terjadi karena meningkatnya Suhu Permukaan Laut (SST) yang biasanya dingin. Fenomena sebaliknya juga terjadi yang selanjutnya diberi nama *La Niña* yang dalam bahasa Spanyol berarti “anak perempuan” yaitu mendinginnya SST akibat menguatnya *upwelling* (Trenberth, 1997). Secara umum, fenomena ENSO berulang antara dua sampai tujuh tahun (Hermawan dkk., 2010).



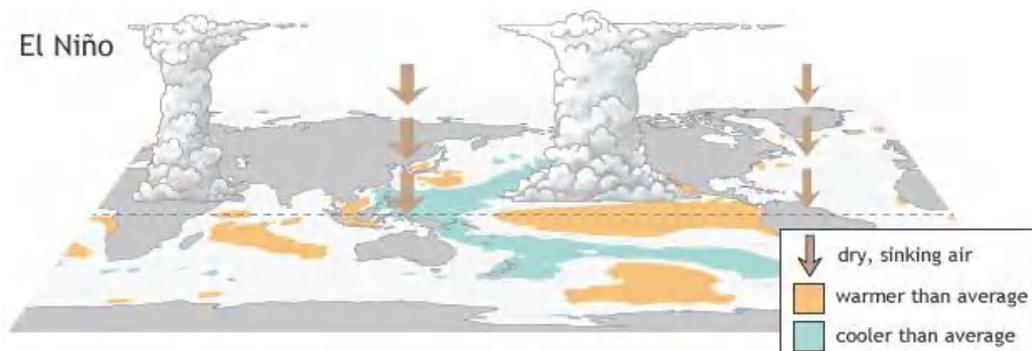
Gambar 2.1 Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun normal (IRI, 2017)

Selama kondisi ENSO netral dapat terlihat pada **Gambar 2.1**, angin bertiup ke arah barat melintasi Samudera Pasifik khatulistiwa. Hembusan angin permukaan laut ini menghasilkan arus ke arah barat (BOM, 2016). Pada kondisi ENSO netral ini juga mendorong terjadinya *upwelling* yang dingin, dimana air laut menjadi kaya akan nutrisi di pantai Pasifik utara Amerika Selatan. Proses ini mendukung adanya ekosistem laut yang sehat dan mendorong kegiatan budidaya yang kuat

7). Pergerakan ini diakibatkan oleh massa air yang terkumpul di Pasifik dan bergerak turun (*downwelling*) sehingga arus di pasifik timur akan naik



(*upwelling*). Massa air dari lautan dalam yang terbawa oleh arus yang naik ini tentu saja bersifat dingin. Hal ini normal terjadi di Samudera Pasifik jika suhu muka laut di Pasifik barat (sekitar Indonesia) lebih hangat dibandingkan di Pasifik timur yang berada di sekitar Pantai Barat Peru (Edward dan Mark, 2010).



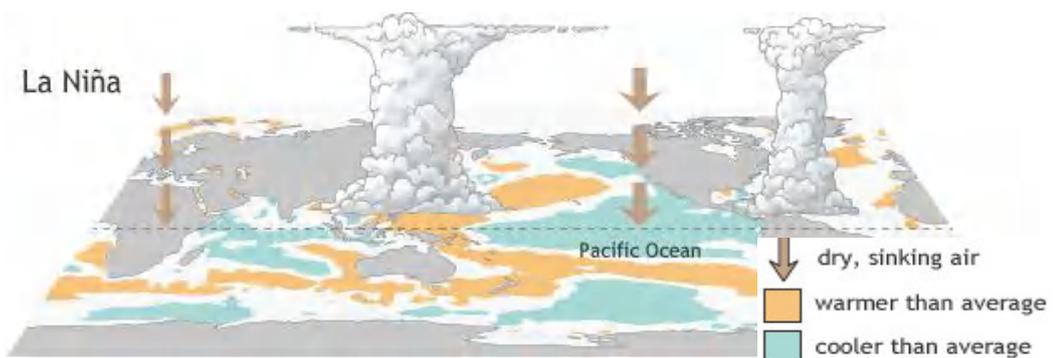
Gambar 2.2 Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik tahun *El Niño* (NOAA Climate, 2017)

El Niño adalah peristiwa memanasnya suhu air permukaan laut di pantai barat Peru Equador (Amerika Selatan) seperti terlihat pada (**Gambar 2.2**). Namun, pada saat-saat tertentu air laut yang panas dari perairan Indonesia bergerak ke arah timur menyusuri equator, hingga sampai ke pantai barat Amerika Selatan (Peru-Bolivia). Pada saat yang bersamaan, air laut yang panas dari pantai Amerika Tengah bergerak ke arah selatan, hingga sampai ke pantai barat Peru-Ecuador. Terjadilah pertemuan antara air laut yang panas dari Amerika Tengah di Pantai barat Peru – Equador, yang kemudian berkumpullah massa air laut panas dalam jumlah besar dan menempati wilayah yang luas. Hal ini membuat udara di daerah tersebut menularkan panas sehingga memuai ke atas (konveksi), dan terbentuklah daerah bertekanan rendah di pantai barat Peru Equador yang mengakibatkan angin

menyapu Indonesia hanya membawa sedikit uap air. Maka terjadilah musim panjang di Indonesia saat terjadinya *El Niño* (Safitri, 2015). Sedangkan



La Niña merupakan fenomena yang berkebalikan dengan *El Niño*. Pada (Gambar 2.3) terlihat kondisi dimana wilayah pantai barat Peru atau lautan Pasifik memiliki suhu permukaan air laut yang mengalami penurunan lebih dingin dari rata – rata (biasanya) (Edward dan Mark, 2010).



Gambar 2.3 Kondisi daerah tropis Samudera Pasifik saat tahun *La Niña* (NOAA Climate, 2017)

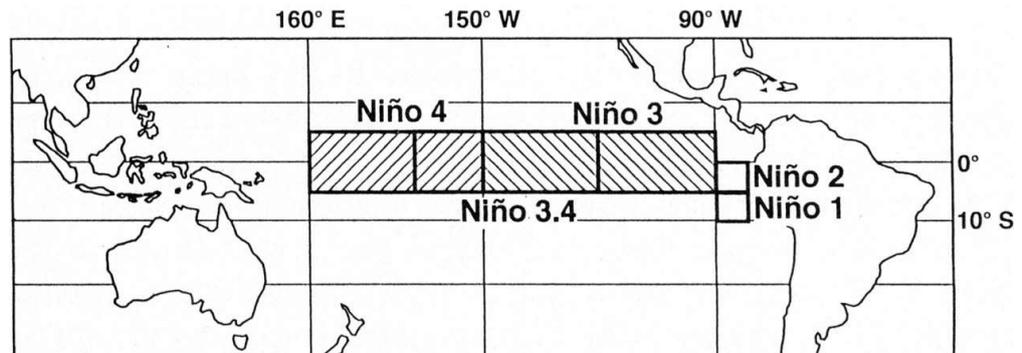
Peristiwa *La Niña* dimulai ketika *El Niño* mulai melemah, dan air laut yang panas di pantai Peru-Ecuador kembali bergerak ke arah barat yang akhirnya sampai ke wilayah Indonesia yang mengakibatkan wilayah Indonesia menjadi daerah yang bertekanan rendah. Kemudian semua angin di sekitar pasifik selatan dan Samudera Hindia akan bergerak menuju Indonesia. Akibatnya angin banyak membawa uap air, sehingga di Indonesia akan sering terjadi hujan lebat (Safitri, 2015).

Menurut Allan dkk pada tahun 1991, *El Niño* merupakan anomali positif suhu muka laut (SST) yang terjadi di Samudera Pasifik bagian tengah dan timur dimana indikatornya yaitu suhu muka laut *Niño 3.4*, sementara *Southern Oscillation*

(Selatan) yaitu perbedaan tekanan udara antara Tahiti dan Darwin. Oleh



karena itu gabungan dari dua komponen interaksi antara atmosfer dan laut ini sering disebut dengan istilah ENSO (*El Niño Southern Oscillation*).



Gambar 2.4 Indikator Suhu Muka Laut Niño 3.4 (Glantz, 2000)

Anomali positif suhu muka laut diidentifikasi sebagai peristiwa *El Niño*, sedangkan anomali suhu muka laut yang negatif berhubungan dengan peristiwa *La Niña*. Anomali ini harus satu standar deviasi lebih tinggi dari kondisi netral rata – rata untuk periode yang melebihi 5 bulan untuk di anggap sebagai peristiwa *El Niño* dan *La Niña* (Trenberth, 1997). Indikator untuk menentukan terjadinya *El Niño* dan *La Niña* adalah SST (*Sea Surface Temperature*), SOI (*Southern Oscillation Index*) dan MEI (*Multivariate ENSO Index*) (Mulyanti, 2012). Namun indikator untuk menentukan *El Niño* dan *La Niña* yang sering digunakan untuk keperluan prediksi hujan maupun SST Indonesia yaitu data SST pada *Niño 3.4* yang berada pada wilayah 5°LU – 5°LS, 120 – 170°BT seperti pada (**Gambar 2.4**) (Rachmat, 2017).

Tabel 2.1 Tahun ENSO berdasarkan indikator SST *Niño 3.4* (Shrestha dan Kostachuck, 2005)

 Optimization Software: www.balesio.com	SST	Tahun <i>El Niño</i>	1972, 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992, 1994-1995, 1997-1998, 2002, 2007

<i>Niño 3.4</i>	Tahun <i>La Niña</i>	1971, 1973-1976, 1988, 1999-2000
-----------------	----------------------	----------------------------------

Berdasarkan intensitas kejadiannya, *El Niño* dibagi menjadi 3 kelas, yaitu: (BMKG, 2016)

1. *El Niño* lemah (*weak El Niño*), jika penyimpangan suhu muka laut di pasifik ekuator $+0.5^{\circ}\text{C}$ s/d $+1,0^{\circ}\text{C}$ dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut-turut.
2. *El Niño* sedang (*Moderate El Niño*), jika penyimpangan suhu muka laut di Pasifik Ekuator $+1,1^{\circ}\text{C}$ s/d $+1,5^{\circ}\text{C}$ dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut-turut.
3. *El Niño* kuat (*Strong El Niño*), jika penyimpangan suhu muka laut di Pasifik Ekuator $>1,5^{\circ}\text{C}$ dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut-turut.

II.2 Model Dinamik

Model dinamik merupakan solusi dari persamaan – persamaan diferensial yang memiliki fungsi waktu. Sistem dinamik menghubungkan proses terjadinya hal-hal yang berubah melalui waktu, yang meliputi seberapa besar orang rasa penting yang kemudian ditafsirkan kedalam sistem nyata dari model simulasi komputer yang memungkinkan orang dapat melihat struktur dan kebijakan pengambilan keputusan dalam suatu sistem. Sistem dinamik dalam pembahasan iklim didefinisikan sebagai suatu sistem yang memodelkan variabel-variabel seperti

ka laut, angin, tekanan muka laut dan variabel yang lain yang berubah waktu (Forrester, 1987).



Terdapat banyak model dinamik yang digunakan untuk memprediksi ENSO. Salah satu model dinamik yang umum digunakan untuk memprediksi ialah model keluaran *International Research Institute* (IRI). Berikut beberapa model dinamik keluaran IRI, yaitu:

1. NCEP (CFS *Version 2*)

Versi kedua dari NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) yaitu *Climate Forecast System* (CFSv2) dibuat operasional pada Maret 2011 di NCEP. Versi 2 ini telah ditingkatkan hampir di semua aspek asimilasi data dan meramalkan komponen sistem data (Saha et al., 2013). Model dinamik ini memiliki dua komponen data yaitu komponen atmosfer (Moorthi dkk., 2001) dan komponen laut (Pacanowski dan Griffies, 1998). Reanalisis gabungan dari kedua komponen tersebut telah dilakukan selama 32 tahun (1979 – 2011), yang juga menyediakan kondisi awal untuk pelaksanaan *reforecast* komprehensif selama 29 tahun (1982 – 2011). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kalibrasi yang konsisten serta stabil untuk perkiraan keterampilan operasional sub prediksi musiman di NCEP dengan menggunakan CFSv2. CFSv2 tidak hanya menyediakan panduan yang baik pada skala waktu saat ini, namun juga menyediakan serangkaian peramalan untuk sub musim dan musiman yang sangat berguna untuk pengambilan keputusan di berbagai bidang seperti pertanian, pengelolaan air untuk sungai, energi berkelanjutan serta prediksi untuk musim terjadinya badai (Saha et al., 2013).



2. KNU Model

Model dinamik yang digunakan oleh Korea National University (KNU) / Seoul National University (SNU) adalah *Coupled General Circulation Model* (CGCM). Model ini memiliki dua komponen yang sama dengan komponen model dinamik lainnya yaitu komponen atmosfer (Roeckner et al., 1996) dan komponen laut (Madec et al., 1998). Resolusi yang digunakan untuk komponen atmosfernya yaitu sekitar $1,1^\circ \times 1,1^\circ$ yang diadopsi dari resolusi horizontal tinggi (T106) dan untuk tekanan vertikal di dekat permukaan bumi digunakan koordinat hybrid sigma. Sedangkan untuk komponen lautnya digunakan sebuah konfigurasi dengan grid 2° *Universal Transverse Mercator* (UTM) (Luo, et al., 2005; Kug, et al., 2006). Model dinamik CGCM ini digunakan untuk memberikan pemahaman mengenai variabilitas iklim dan untuk membuat skenario iklim musiman serta dapat merekonstruksi iklim di masa lalu (Grassi, 2000).

3. ECMWF Model

Semua perkiraan dan analisis dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) menggunakan model numerik dalam hal prediksi yang diberi nama *Integrated Forecasting System* (IFS). Model ini terdiri dari model atmosfer spektral dengan mengikuti sistem koordinat vertikal medan yang digabungkan ke sistem asimilasi data 4D-Var. Pada tahun 1997 IFS menjadi sistem perkiraan operasional pertama yang menggunakan 4D-Var (Andersson, 2008). ECMWF menjalankan IFS



dengan beberapa konfigurasi yang dibedakan menjadi dua komponen yaitu sirkulasi umum atmosfer dan komponen laut, dimana untuk komponen atmosfer memiliki konfigurasi yang tinggi yang disebut “HRES” yang dijalankan setiap dua belas jam hingga sepuluh hari dengan resolusi horizontal 9 km menggunakan 137 lapisan secara vertikal, dan memiliki ~9 km resolusi secara horizontal, serta memiliki tekanan atas model sebesar 0.01 hPa. Sedangkan untuk komponen lautnya yaitu NEMO (LIM-2) didapatkan dari menggabungkan keseluruhan konfigurasi model kecuali HRES. NEMO (LIM-2) memiliki 51 nomor anggota dimana resolusi horizontal yang dimiliki sebesar 0,25° dengan 75 level vertikal. NEMO (LIM-2) ini memprediksi secara harian (gabungan dari HRES dan ENS), bulanan yaitu 0 – 7 bulan dan 0 – 13 bulan (ECMWF, 2018).

4. JMA Model

Japan Meteorology Agency (JMA) telah menggunakan model gabungan sirkulasi atmosfer dan laut untuk memprediksi fenomena *El Niño – Southern Oscillation* (ENSO) yang dikenal dengan CGCM (*atmosphere-ocean coupled general circulation models*) sejak Juli 1998. CGCM saat ini telah berkembang dan berubah nama menjadi JMA/MRI-CGCM yang mulai diperkenalkan di awal Februari 2008, yang merupakan bentuk kerjasama dengan *Meteorology Research Institute* (MRI). Model yang dikeluarkan oleh JMA ini sama seperti komponen model dinamik lainnya

itu terdiri dari komponen atmosferik dan laut, dimana untuk komponen atmosferiknya didasarkan pada versi resolusi rendah dari *Global Spectral*



Model JMA yang memiliki resolusi horizontal TL95 (pemotongan segitiga pada total bilangan gelombang 95 dengan grid linear) yang sesuai untuk jarak grid 180 km dan 40 level dalam arah vertikal dengan memiliki puncak 0,4 hPa (sesuai dengan jaraknya sekitar 55 km) sedangkan untuk model komponen laut memiliki resolusi horizontal $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ dalam ekraktropik dengan penyempurnaan dekat khatulistiwa menjadi $0,3^{\circ}$, dan memiliki 50 lapisan vertikal. Kedua komponen tersebut digabungkan setiap jam dengan coupler (JMA, 2013). Namun di Juli 2015 JMA telah mengoperasikan sistem baru yang dikenal dengan EPS (*The Seasonal Ensemble Prediction System*) dengan tujuan untuk prediksi tiga bulanan dari musim hangat/dingin seperti pemantauan *El Niño*. Operasi Musiman dari EPS terbaru yang diberi nama JMA/MRI-CPS2 (Takaya et al., 2017) ini menggantikan sistem sebelumnya JMA/MRI-CPS1 (Takaya et al., 2016). Model CGCM baru yaitu (JMA/MRI-CPS2) memiliki resolusi yang lebih tinggi baik model atmosfer dan lautnya, untuk model atmosfer memiliki resolusi TL159 (sekitar 110 km jarak antar grid) dengan 60 level (0,1 hPa di atas), dan resolusi meridian dari model lautnya meningkat dari $1^{\circ} - 0,5^{\circ}$ serta ke lautan global dengan penggunaan grid tripolar (JMA, 2018).

5. AVEDyn (*Average Dynamic*) Model

Model kombinasi (AVEDyn) dalam penelitian ini terdiri dari dua, yaitu:

- Model kombinasi (AVEDyn) yang dihasilkan dari hasil rata-rata model dinamik untuk setiap musim yang berasal dari berbagai



model dinamik keluaran *International Research Institute* (IRI) dengan tidak mempertimbangkan konsistensi adanya model tersebut dari tahun 2006 – 2018.

- Model kombinasi (AVEDyn) konsensus yang dihasilkan dari hasil rata-rata model dinamik untuk setiap musim yang berasal dari 4 model dinamik terpilih keluaran *International Research Institute* (IRI) dengan mempertimbangkan konsistensi adanya model tersebut dari tahun 2006 – 2018.

II.3 Verifikasi Prediksi

Verifikasi adalah proses perhitungan statistik untuk menguji keakuratan suatu model prediksi terhadap data observasi (Palmer and Hagedom, 2006). Dalam hal melihat keakuratan/kesesuaian suatu model prediksi dengan data observasi dapat dilakukan secara kualitatif (visual-“*eyeball*”), sedangkan untuk melihat akurasi model sekaligus kesalahan dalam memprediksi dapat dilakukan secara kuantitatif menggunakan seperangkat formula matematik. Terdapat 3 alasan verifikasi perlu untuk dilakukan yaitu (Halide, 2009):

1. Memantau (*monitor*) akurasi prediksi untuk melihat apakah prediksi itu semakin lama semakin baik?
2. Meningkatkan (*improve*) kualitas prediksi dengan menyelidiki kesalahan apa yang telah dilakukan ketika memprediksi.
3. Membandingkan (*compare*) hasil – hasil prediksi beberapa model dalam memprediksi besaran/fenomena yang sama untuk menentukan model yang



Institusi	National Centers for Environmental Prediction (NCEP)	Korea National University (KNU)	European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)	Japan Meteorology Agency (JMA)
Nama Model Dinamik	Couple Forecast System (CFS)	Couple General Circulation Models (CGCM)	Integrated Forecasting System (IFS)	Couple General Circulation Models (CGCM)
	<p>Komponen atmosfer NCEP adalah model Global Forecast System (GFS). Model ini mengadopsi pemotongan spectral segitiga dari gelombang 62 (T62) di horizontal yang setara dengan hamper 200 Km Grid Gaussian dan di lapisan vertikal menggunakan lapisan sigma 64. Ketinggian model bagian atasnya 0,2 hPa</p> <p>Komponen lautnya memiliki batas laut yang batas permukaan lautnya dihitung secara eksplisit permukaan bebas. Resolusi zonanya adalah 1° meridional dengan resolusi 1/3° antara 10° S dan 10° N, yang secara bertahap meningkat melalui wilayah tropis sampai tetap pada 1° di kutub dari 30° S dan 30° N. ada 40 lapisan dalam dalam vertikal dengan 27 lapisan di atas 400 m hingga ke bawah dengan kedalaman 4,5 Km. Resolusi vertikal adalah 10 m dari permukaan ke kedalaman 240 m, secara bertahap meningkat sekitar 511 dilapisan bawah</p>	<p>Komponen atmosfer KNU mengadopsi resolusi horizontal tinggi (T106) yaitu sekitar 1,1° × 1,1°. Tekanan vertikalnya menggunakan koordinat hybrid sigma (lapisan sigma 19 untuk semuanya) yang digunakan dengan resolusi tertinggi dekat permukaan</p> <p>Komponen lautnya menggunakan konfigurasi dengan grid yang didasarkan pada 2° Mercator mesh. Terdapat 2 kutub dan hamper 1 rasio anisotropi di belahan bumi utara yang menyebabkan singularitas di kutub utara menghilang. Resolusi modelnya 2° cos (lintang) x 2° (bujur) dengan peningkatan resolusi meridional 0,5° dekat khatulistiwa.</p>	<p>Komponen atmosfer ECMWF memiliki konfigurasi tinggi yang disebut HRES yang memiliki ~9 Km menggunakan 137 lapisan vertikal dan 9 km secara horizontal serta tekanan atas modelnya 0,01 hPa.</p> <p>Komponen lautnya menggunakan konfigurasi model NEMO (LIM-2) yang memiliki resolusi horizontal sebesar 0,25° dengan 75 level vertikal.</p>	<p>Komponen atmosfer JMA didasarkan oleh Global Spectral Model versi resolusi rendah yang resolusi horizontalnya TL95 yang sesuai jarak grid 180 Km dan level vertikalnya 40 dengan puncak 0,4 hPa. Resolusi model atmosfer terbaru di tahun 2015 yaitu TL 159 dengan 60 level (0, 1 hPa di atas).</p> <p>Komponen lautnya memiliki resolusi horizontal 1° x 1° dengan penyempurnaan dekat khatulistiwa 0,3° dengan 50 lapisan vertikal. Untuk resolusi terbaru di tahun 2015 meningkat dari 1° – 0,5° serta menggunakan grid tripolar</p>



unggul diantara model – model lainnya dan melihat dimana letak/alasan keunggulan model tersebut.

Adapun untuk melihat akurasi untuk setiap model dalam penelitian ini yang dilakukan secara kuantitatif terdiri dari 2 metode yaitu:

II.3.1 Korelasi Pearson

Korelasi Pearson adalah suatu bentuk rumus yang digunakan untuk mengukur atau mencari hubungan antar dua variabel, yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*).

Koefisien korelasi dinyatakan dalam persamaan berikut (Wilks, 2006):

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{\{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2\} \{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2\}}} \dots\dots\dots (II.1)$$

Dengan:

- n = jumlah data
- X = data observasi ENSO musiman
- Y = data prediksi ENSO musiman
- r = koefisien korelasi antara data observasi dan data prediksi

Koefisien korelasi adalah suatu pengukuran statistik kovariansi atau asosiasi antara dua variabel. Jika koefisien korelasi ditemukan tidak sama dengan nol (0), maka ada ketergantungan dari dua variabel tersebut. Jika koefisien korelasi (+1) maka hubungan tersebut korelasinya linear (sempurna) dengan kemiringan positif. Jika koefisien korelasi (-1) maka hubungan tersebut korelasinya linear (sempurna) dengan kemiringan negatif (Walpole, 1982).



II.3.2 Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) adalah nilai akar dari rata-rata kuadrat yang bersumber dari nilai kesalahan yang menggambarkan selisih antara data observasi dan nilai hasil prediksi (Chai dan Draxler, 2014). Interpretasi dari nilai RMSE berkebalikan dengan nilai koefisien korelasi, dimana semakin kecil nilai RMSE yang didapatkan maka semakin dekat hubungan antara data observasi dan nilai prediksi.

Nilai RMSE dinyatakan dengan menggunakan persamaan berikut (Chai dan Draxler, 2014):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (II.2)$$

Dengan:

- n = jumlah data
- X = data observasi ENSO musiman
- Y = data prediksi ENSO musiman

II.4 Kombinasi *Forecast* (Konsensus)

Metode kombinasi *forecast* digunakan untuk merata-ratakan kesalahan dari metode peramalan tunggal yang dikombinasikan. Metode ini akan berusaha meminimalisasi kesalahan yang dihasilkan sehingga memberi prediksi yang lebih akurat/meningkatkan skill prediksi untuk mengurangi ketidakpastian akan masa depan ketika tidak diketahui apakah pola data historis akan berulang atau berbeda

atau berbeda (Makridakis dan Gee, 1999).

