



TUGAS AKHIR - SS 141501

**PRAKIRAAN KEKERINGAN DI INDONESIA
MENGUNAKAN WAVELET FUZZY LOGIC
BERDASARKAN DATA REANALISIS**

**DINNI ARI RIZKY TAUFANIE
NRP. 1312 100 017**

Dosen Pembimbing

Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, S.Si, M.Si

Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, S.Si, M.Si

PROGRAM STUDI S1

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2016



FINAL PROJECT - SS 141501

**DROUGHT FORECAST IN INDONESIA USING
WAVELET FUZZY LOGIC COMBINATION
BASED ON DATA REANALISYS**

**DINNI ARI RIZKY TAUFANIE
NRP. 1312 100 017**

Supervisor

Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, S.Si, M.Si

Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, S.Si, M.Si

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**PRAKIRAAN KEKERINGAN DI INDONESIA
MENGUNAKAN KOMBINASI WAVELET FUZZY
LOGIC BERDASARKAN DATA REANALISIS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains**

**pada
Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**DINNI ARI RIZKY TAUFANIE
NRP. 1312 100 017**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, S.Si, M.Si

NIP : 19820326 200312 1 004

Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, S.Si, M.Si

NIP : 19831204 200812 1 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

Dr. Suhartono

NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2016



**PRAKIRAAN KEKERINGAN DI INDONESIA
MENGUNAKAN KOMBINASI WAVELET FUZZY
LOGIC BERDASARKAN DATA REANALISIS**

Nama : Dinni Ari Rizky Taufanie
NRP : 1312 100 017
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, S.Si, M.Si
Co-Pembimbing : Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, S.Si, M.Si

Abstrak

Kekeringan terjadi ketika suatu daerah kekurangan curah hujan dari biasanya (kondisi normal). Apabila kekeringan terjadi berkepanjangan selama satu musim atau lebih maka akan mengakibatkan ketidakmampuan memenuhi kebutuhan air yang dicanangkan. Hal ini akan menimbulkan dampak terhadap ekonomi, sosial dan lingkungan alam. Tingkat kelas atau derajat kekeringan disuatu lokasi penelitian dapat diketahui melalui analisis indeks kekeringan yaitu Standardize Precipitation Index (SPI). Metode prakiraan yang digunakan adalah Wavelet Fuzzy Logic (WFL). Kelebihan dari metode WFL adalah dapat meminimalkan eror dan campur tangan manusia dalam prosesnya. Indonesia pada tahun 2016 diperkirakan mengalami kekeringan parah pada bulan Januari didaerah Okaba, Merauke. Daerah Papua dan Kalimantan merupakan daerah yang rawan kekeringan selama tahun 2016. Halmahera diperkirakan menjadi daerah rawan kekeringan hanya pada triwulan pertama. Sulawesi Utara diperkirakan menjadi daerah rawan kekeringan pada tiwulan pertama dan ketiga, Sedangkan Riau pada triwulan pertama, kedua dan Ketiga. Sumatera utara pada awal tahun diperkirakan sebagai daerah yang mendekati normal namun pada triwulan kedua, ketiga dan keempat diperkirakan menjadi daerah rawan kekeringan.

Kata Kunci : *Kekeringan, Standardized Precipitaion Index, Wavelet Fuzzy Logic*

**DROUGHT FORECAST IN INDONESIA
USING WAVELET FUZZY LOGIC COMBINATION
BASED ON REANALYSIS DATA**

Nama : Dinni Ari Rizky Taufanie
NRP : 1312 100 017
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, S.Si, M.Si
Co-Pembimbing : Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, S.Si, M.Si

Abstract

Drought occurs when a region is a shortage of rainfall than normal (normal conditions). If the drought is prolonged for a season or more it will result in inability to meet the water needs. This will have an impact on the economic, social and natural environment. Grade level or degree of dryness in a location can be determined through an analysis research drought index is Standardize Precipitation Index . Forecast method used is Wavelet Fuzzy Logic. The surplus can minimize errors and human intervention in the process. Indonesia in 2016 is forecasted to experience severe drought in January. At Okaba area, Merauke. Papua and Kalimantan regions are areas prone to drought during 2016. Halmahera is forecasted to be a drought-prone areas only in the first quarter. North Sulawesi is forecasted to be a drought-prone areas on the first and third quarter, Riau Whereas in the first quarter, second and third. Northern Sumatra in the early years as an area predicted close to normal, but in the second quarter, third and fourth forecasted to be a drought-prone areas .

Key Word : *Drought, Standardized Precipitation Index, Wavelet Fuzzy Logic,*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kekeringan	7
2.2 <i>Standardized Precipitation Index</i> (SPI)	9
2.3 Wavelet	9
2.4 <i>Fuzzy Logic</i>	12
2.4.1 Himpunan Fuzzy	13
2.4.2 Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy	16
2.4.3 Fuzzyfikasi	18
2.4.4 Defuzzyfikasi	18
2.5 <i>Fuzzy Time Series</i>	19
2.6 Curah Hujan	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	23

3.2 Variabel Penelitian	23
3.3 Langkah Penelitian	23
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Preprocessing Data Curah Hujan	29
4.2 <i>Standardized Precipitation Index (SPI)</i>	29
4.2.1 Karakteristik SPI Padang	31
4.2.1 Karakteristik SPI Bojonegoro	32
4.2.1 Karakteristik SPI Sorong	33
4.3 Wavelet.....	34
4.4 Fuzzy Time Series	35
4.5 Hasil Prakiraan	38
4.5.1 Hasil Prakiraan Padang	38
4.5.2 Hasil Prakiraan Bojonegoro	39
4.5.3 Hasil Prakiraan Sorong	40
4.6 Hasil Prakiraan Triwulan I 2016	41
4.7 Hasil Prakiraan Triwulan II 2016	43
4.8 Hasil Prakiraan Triwulan III 2016.....	45
4.9 Hasil Prakiraan Triwulan IV 2016	46
4.10 Perbandingan Hasil Prakiraan WFL dengan BMKG	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kelas SPI dan Sifat Cuaca	9
Tabel 2.2 Kriteria Intensitas Curah Hujan di Indonesia	21
Tabel 3.1 Struktur Data Variabel Curah Hujan	23
Tabel 4.1 Himpunan U	35
Tabel 4.2 FLRG, $M(t)$, dan Defuzzyfikasi	37
Tabel 4.3 Ketepatan Klasifikasi Padang	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Urutan dan Dampak Kekeringan	8
Gambar 2.2 Himpunan Klasik Basah, Normal, Kering	14
Gambar 2.3 Himpunan Kering, Normal, Basah	15
Gambar 4.1 Rata-Rata SPI Bulanan pada Tahun 1948-2015	30
Gambar 4.2 SPI Padang	31
Gambar 4.3 SPI Bojonegoro	32
Gambar 4.4 SPI Sorong	33
Gambar 4.5 Hasil Proses Wavelet	30
Gambar 4.6 Himpunan Fuzzy	36
Gambar 4.6 Plot Data Asli dan Hasil Prakiraan Padang	38
Gambar 4.7 Plot Data Asli dan Hasil Prakiraan Bojonegoro	39
Gambar 4.8 Plot Data Asli dan Hasil Prakiraan Sorong	40
Gambar 4.10 (a) Prakiraan Kekeringan Januari, (b) Prakiraan Kekeringan Februari, (c) Prakiraan Kekeringan Maret	42
Gambar 4.11 (a) Prakiraan Kekeringan April, (b) Prakiraan Kekeringan Mei, (c) Prakiraan Kekeringan Juni	44
Gambar 4.12 (a) Prakiraan Kekeringan Juli, (b) Prakiraan Kekeringan Agustus, (c) Prakiraan Kekeringan September ...	46
Gambar 4.13 (a) Prakiraan Kekeringan Oktober, (b) Prakiraan Kekeringan Nopember, (c) Prakiraan Kekeringan Desember	48
Gambar 4.14 (a) Prakiraan Kekeringan Maret, April dan Mei 2016, (b) Prakiraan SPI Maret-Mei BMKG 2016	50

pekerjaan yang sebenarnya baik di perusahaan maupun di bidang akademik. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui email dinnitaufanie@gmail.com.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis Indonesia terletak diantara benua Asia dan Australia dan diantara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Indonesia juga dilewati oleh garis khatulistiwa, hal inilah yang menjadi faktor klimatologis penyebab banjir dan kekeringan. Indonesia mempunyai iklim monsoon tropis yang sangat sensitif terhadap anomali iklim *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO). El Nino merupakan peristiwa naiknya suhu permukaan laut Pasifik Equator bagian tengah hingga timur yang akan menyebabkan terjadinya kekeringan dan berlangsung tiap dua hingga tujuh tahun sekali. Menurut As-Syukur (2011) El Nino pernah berlangsung di Indonesia pada tahun 2002-2003 dan 2006. Peristiwa El Nino ini sangat erat kaitannya dengan terjadinya bencana kekeringan.

Kekeringan adalah kekurangan curah hujan dari biasanya atau kondisi normal. Bila kekeringan terjadi berkepanjangan selama satu musim atau lebih panjang maka akan mengakibatkan ketidakmampuan memenuhi kebutuhan air yang dicanangkan. Hal ini akan menimbulkan dampak terhadap ekonomi, sosial dan lingkungan alam. Intensitas, waktu dan sebaran ruangan dari setiap kekeringan yang terjadi akan berbeda-beda (Balai Hidrologi, 2003). Menurut Amberkahi (2014) jenis kekeringan ada 4 macam yaitu kekeringan meteorologis yang berhubungan dengan tingkat curah hujan yang terjadi dibawah kondisi normal pada suatu musim, kekeringan pertanian berhubungan dengan berkurangnya kandungan air dalam tanah dan terjadi setelah kekeringan meteorologis, kekeringan hidrologis berhubungan dengan berkurangnya pasokan air permukaan tetapi bukan awal terjadinya kekeringan, dan kekeringan sosial ekonomi terjadi akibat ketiga kekeringan tersebut.

Haryani dan Hidayat (2014) menunjukkan terjadinya bencana kekeringan lahan dan kebakaran di Indonesia merupakan

persoalan yang selalu meningkat dari tahun ke tahun akibat fenomena alam, tekanan sosial-ekonomi serta perubahan penggunaan lahan. Kekeringan dapat menyebabkan berkurangnya persediaan air bagi pertumbuhan dan perkembangan vegetasi selama musim kemarau. Selain itu, Kekeringan lahan juga dapat mengakibatkan penurunan dan gagalnya produksi tanaman pangan, kekurangan cadangan air minum serta terjadinya kebakaran hutan/lahan. Apabila keadaan ini terjadi, maka dapat mengakibatkan meluasnya lahan kritis yang akan berdampak terjadinya degradasi kualitas lingkungan.

Dampak kerugian dan resiko akibat kekeringan dapat dikurangi dengan adanya pengelolaan kekeringan. Menurut Wilhite dan Knutson (2007) terdapat 4 komponen penting dalam pengelolaan kekeringan yaitu : 1) tersedianya informasi yang tepat waktu dan dapat diandalkan pada para pengelola dan pengambil kebijakan; 2) kebijakan dan pengaturan kelembagaan yang mendukung pengkajian, komunikasi dan penerapan informasi tersebut; 3) tersedianya kumpulan upaya pengelolaan resiko untuk para pengambil kebijakan dan 4) tindakan oleh para pengambil keputusan yang efektif dan konsisten dalam mendukung strategi kekeringan nasional. Menurut BAPPENAS (2014) selama periode tahun 1844-1970 terjadi 16 kejadian kekeringan, dan 37 kejadian kekeringan pada periode 2001-2005. Selain itu pada periode 2006-2010 terjadi 58 kejadian kebakaran hutan dan lahan. Intensitas bahaya kekeringan ini cenderung naik dari periode 2010-2015. Hal ini akan memberikan dampak yang besar terutama untuk negara berkembang. Salah satu komponen penting dari strategi kekeringan nasional adalah sistem pemantauan kekeringan secara komprehensif yang dapat memberi peringatan pada awal dan berakhirnya kekeringan, menentukan tingkat keparahan, dan menyebar-luaskan informasi pada berbagai sektor terutama sektor pertanian, air bersih, energi, dan kesehatan. Pada kenyataannya, prakiraan kekeringan di Indonesia masih jarang ditemukan. Sehingga diperlukan penelitian dalam

memprakirakan kekeringan yang berguna sebagai peringatan dini dan dasar penentuan kebijakan dalam pengelolaan kekeringan.

Secara fisik, kondisi kekeringan di suatu lokasi penelitian dapat dilihat melalui karakteristik kekeringan. Sedangkan tingkat kelas atau derajat kekeringan disuatu lokasi penelitian dapat diketahui melalui analisis indeks kekeringan salah satu metode analisisnya yaitu metode Standardize Precipitation Index (SPI). Metode ini juga digunakan oleh BMKG untuk mengetahui persebaran kekeringan di Indonesia.

Penelitian tentang prakiraan kekeringan yang pernah dilakukan di Indonesia diantaranya adalah Utami, Hadiani & Susilowati (2013) meneliti tentang prediksi kekeringan dengan SPI. Pada penelitian lainnya, Adiningsih(2014) mengenai penginderaan jauh yang digunakan dalam mendeteksi parameter kekeringan. Kemudian, Soentoro, Levina & Adidarma (2015) meneliti tentang kajian koefisien koreksi indeks kekeringan. Penelitian yang telah dilakukan tersebut menggunakan SPI sebagai indeks kekeringan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprakirakan kekeringan adalah *Wavelet Fuzzy Logic* (WFL). Kelebihan dari metode ini adalah dapat dicari *rule base* yang paling optimum sehingga dapat meminimalisir *error* dan juga dapat meminimumkan campur tangan manusia dalam prosesnya. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ozger, Mishra & Singh (2011) mengenai *Long Lead Time Drought Forecasting* menghasilkan bahwa metode *Wavelet* dan *Fuzzy Logic* lebih akurat dari pada *Artificial Neural Network* maupun gabungan *Wavelet* dan ANN. Selain itu, Hansun dan Subanar (2011) juga telah menerapkan pendekatan *Wavelet Fuzzy Logic* untuk peramalan dan menghasilkan bahwa metode *Wavelet Fuzzy Logic* (WFL) memiliki keandalan dan tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan untuk peramalan jangka pendek maupun jangka panjang.

Melakukan prakiraan kekeringan secara menyeluruh di Indonesia masih sulit dilakukan karena terkendala oleh kualitas

data yang kurang *reliable* dan kurangnya ketersediaan data. Oleh sebab itu, salah satu strategi yang dilakukan untuk melakukan prakiraan di Indonesia adalah dengan menggunakan data yang berbasis data satelit. Data ini telah banyak dipublikasikan oleh satuan pengelolaan data. Keunggulan dari data ini terletak pada ketersediaan data pada *grid point* di wilayah Indonesia bahkan dunia.

Oleh karena itu, pada penelitian ini untuk menentukan indeks kekeringan digunakan analisis indeks *Standardized Precipitation Index* (SPI). Selanjutnya *Wavelet Fuzzy Logic* akan digunakan sebagai metode untuk memprakirakan terjadinya kekeringan di Indonesia dengan menggunakan data reanalisis.

1.2 Rumusan Masalah

Kekeringan yang pernah terjadi di Indonesia telah menyebabkan banyak kerugian bagi masyarakat dan prakiraan kekeringan secara menyeluruh masih sulit dilakukan karena keterbatasan data. Oleh karena itu, diperlukan suatu prakiraan kekeringan dengan menggunakan *Standardized Precipitation Index* (SPI) dengan menggunakan data berbasis data *reanalysis*. Hasil prakiraan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai peringatan dini bagi masyarakat. Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah prakiraan daerah-daerah di Indonesia yang akan mengalami kekeringan selama satu tahun mendatang.

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menerapkan metode *Wavelet Fuzzy Logic* (WFL) untuk memperoleh prakiraan kekeringan di Indonesia selama satu tahun mendatang.
2. Menganalisis *Standardized Precipitation Index* (SPI) pada peta sebagai prakiraan kekeringan di Indonesia

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini dapat digunakan oleh BMKG sebagai peringatan dini untuk memprakirakan kejadian kekeringan di Indonesia dengan melihat pola *Standardized Precipitation Index* (SPI). Selain itu, hasil penelitian ini yang berupa persebaran kekeringan di Indonesia yang dapat dijadikan masukan dalam penentuan kebijakan mitigasi kekeringan di Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Batasan penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peneliti menggunakan data curah hujan bulanan pada tahun 1948 sampai dengan 2015 pada 1° *grid point* di wilayah Indonesia.
2. Metode Analisis yang digunakan adalah *Wavelet Fuzzy logic*.
3. Tidak memasukkan efek spasial dalam model.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kekeringan

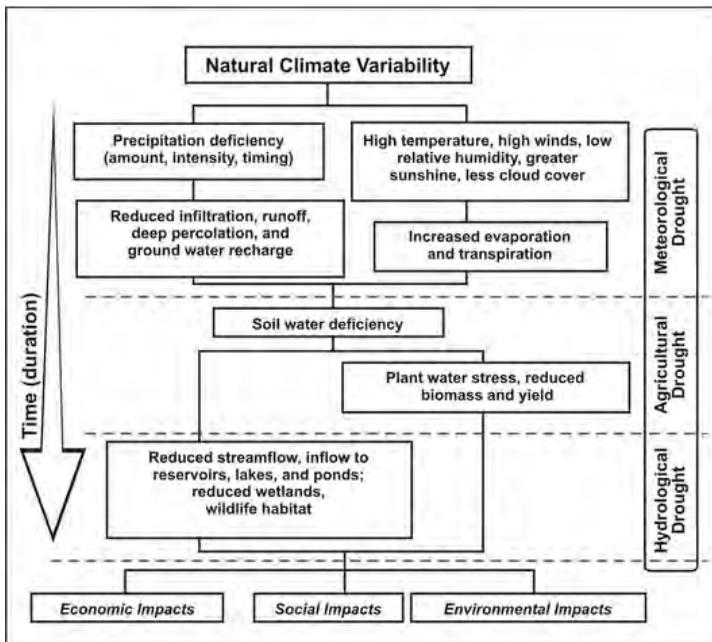
Kekeringan merupakan salah satu jenis bencana alam yang terjadi secara perlahan (*slow-onset disaster*), berdampak sangat luas, dan bersifat lintas sektor (ekonomi, sosial, kesehatan, pendidikan, dan lain-lain). Kekeringan merupakan fenomena alam yang tidak dapat dielakkan dan merupakan variasi normal dari cuaca yang perlu dipahami. Variasi alam dapat terjadi dalam hitungan hari, minggu, bulan, tahun bahkan abad. Dengan melakukan penelusuran data cuaca dalam waktu yang panjang akan dapat dijumpai variasi cuaca yang beragam misalnya : bulan basah-bulan kering, tahun basah-tahun kering, dan dekade basah-dekade kering, (Amberkahi 2014).

Berkurangnya curah hujan biasanya ditandai dengan berkurangnya air dalam tanah sehingga pertanian merupakan sektor pertama yang akan terpengaruh. Cukup sulit untuk mengetahui kapan kekeringan akan dimulai atau berakhir, dan kriteria apa yang digunakan untuk menentukannya. Apakah kekeringan itu berakhir ditandai dengan faktor-faktor meteorologi dan klimatologi atau ditandai dengan berkurangnya dampak negatif yang dialami manusia dan lingkungannya (Amberkahi 2014).

Kekeringan adalah bahaya tersembunyi dari alam dan mempunyai dampak yang berbeda antar satu daerah dengan daerah lainnya. Kekeringan sangat sulit diberi batasan yang tegas karena mempunyai berbagai definisi yang berbeda tergantung daerah, bidang ilmu dan sudut pandang. Sebagai contoh, definisi kekeringan di Bali jika hujan tidak turun selama 6 hari berturut-turut sedangkan di Libya kekeringan terjadi jika curah hujan kurang dari 180mm. Dalam pengertian paling umum, kekeringan terjadi jika kekurangan curah hujan selama jangka waktu tertentu dan mengakibatkan kekurangan air. Hasil interaksi antara peristiwa alam ini yaitu kekurangan curah hujan dari yang

diharapkan dengan permintaan pasokan air untuk aktifitas manusia ini semakin memperburuk dampak kekeringan. Kekeringan tidak dapat dilihat semata-mata sebagai fenomena fisik, biasanya didefinisikan baik secara konseptual maupun operasional (National Drought Mitigasi center, 2016).

Menurut Balai Hidrologi 2003, Kekeringan yang terjadi di wilayah tak berpenghuni tidak akan berdampak sosial maupun ekonomi. Fenomena kekeringan akan menjadi topik yang menarik bila dikaitkan dengan kehidupan manusia karena dikategorikan sebagai bencana Alam. Pada Gambar 2.1 ditunjukkan peran hujan dalam memicu kekeringan yang berdampak luas pada kehidupan masyarakat pada khususnya dan negara pada umumnya.



Gambar 2.1 Urutan dan Dampak Kekeringan
(Sumber : *National Drought Mitigation Center*, 2016)

2.2 Standardized Precipitation Index (SPI)

Pada tahun 1993 di Colorado, McKee mengembangkan perhitungan indeks kekeringan dengan menggunakan metode SPI untuk pertama kali. Tujuannya untuk mengetahui dan monitoring kekeringan. Analisis kekeringan meteorologis dengan menggunakan metode SPI ini dapat dilakukan dengan periode waktu satu bulanan, tiga bulanan, enam bulanan, duabelas bulanan dan seterusnya sesuai dengan tujuan dilakukannya analisis. SPI dihitung berdasarkan selisih antara hujan yang sebenarnya terjadi dengan hujan rata-rata menggunakan skala waktu tertentu dibagi dengan simpangan bakunya (Guttman, 1999). Untuk menghilangkan faktor musim pada deret data hujan bulanan maka di samping membentuk satu deret data dengan distribusi probabilitas yang sama, dilakukan pula transformasi data. Proses perhitungan SPI sebenarnya merupakan upaya untuk menjadikan seri data asli menjadi seragam sehingga regionalisasi dapat dilakukan. Untuk mengetahui sifat dari SPI dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kelas SPI dan Sifat Cuaca

Indeks Kekeringan	Sifat Cuaca
$SPI \geq 2,326$	<i>Exceptionally wet</i>
$1,645 < SPI \leq 2,326$	<i>Extremely wet</i>
$1,282 < SPI \leq 1,645$	<i>Considerably increased moisture</i>
$0,935 < SPI \leq 1,282$	<i>Moderately increased moisture</i>
$0,524 < SPI \leq 0,935$	<i>Slightly increased moisture</i>
$-0,524 < SPI < 0,524$	<i>Near normal</i>
$-0,935 < SPI \leq -0,524$	<i>Minor drought</i>
$-1,282 < SPI \leq -0,935$	<i>Moderate drought</i>
$-1,645 < SPI \leq -1,282$	<i>Severe drought</i>
$-2,326 < SPI \leq -0,1645$	<i>Extreme drought</i>
$SPI \leq -2,326$	<i>Exceptional drought</i>

(Sumber : Drought Management Centre for Southeastern Europe, 2010)

2.3 Wavelet

Wavelet berarti gelombang kecil jika dibandingkan gelombang besar yaitu sinus dan kosinus. Dimana energinya

terkonsentrasi pada selang waktu tertentu yang digunakan sebagai alat untuk menganalisa transien, non-stasioneritas, dan fenomena varian waktu. Metode untuk menganalisis gelombang sinyal yang terlokalisir dapat menggunakan *wavelet transformation*. Hal utama yang dapat dilakukan oleh analisis *wavelet* adalah analisis lokal, yang mampu menunjukkan informasi sinyal yang tidak dimiliki oleh analisis sinyal yang lain, seperti kecenderungan, titik yang putus, dan kemiripan. Karena kemampuannya melihat data dari berbagai sisi, *wavelet* mampu menyederhanakan dan mengurangi noise tanpa memperlihatkan penurunan mutu.

Menurut Iqbal (2009) *wavelet* merupakan fungsi variabel real x , diberi notasi ψ_t dalam ruang $L^2(\mathbb{R})$ atau memiliki sifat *orthogonal vector*. Fungsi ini dihasilkan oleh parameter dilasi dan translasi, yang dinyatakan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}\psi_{a,b}(x) &= a^{-\frac{1}{2}}\psi h ; a > 0, \\ h &= \left(\frac{x-b}{a}\right); a > 0, h \in \mathbb{R}\end{aligned}\quad (2.1)$$

Fungsi ini diperkenalkan oleh Grossman dan Morlet, dengan a adalah parameter dilasi (skala) dan b adalah parameter translasi.

$$\psi_{a,b}(x) = 2^{j/2}\psi Z^j x - k ; j, k \in \mathbb{Z} \quad (2.2)$$

Sedangkan pada fungsi 2.2 dikenalkan oleh Daubechies, Z^j merupakan parameter dilasi dan k adalah variabel translasi. Menurut Daubechies (1990) *Wavelet* memberikan hasil yang lebih baik untuk analisis tipe data sinyal dari pada metode *Short-time Fourier Transform*. Menurut Hakim (2010) fungsi ψ dapat didefinisikan sebagai *mother wavelet* jika memenuhi dua syarat :

1. $\int_{-\infty}^{\infty} \psi(u) du = 0$
2. $\int_{-\infty}^{\infty} \psi^2(u) du = 1$

Menurut Percival dan Walden (2000) transformasi *wavelet* terbagi atas dua jenis, yakni *Continous Wavelet*

Transformation yang berguna untuk data runtun waktu yang terdefinisi dalam seluruh bilangan real dan *Discrete Wavelet Transformation* yang berguna untuk data runtun waktu yang terdefinisi pada jangkauan bilangan bulat.

Cara kerja *Continous Wavelet Transformation* (CWT) adalah dengan menghitung konvolusi sinyal dengan sebuah jendela modulasi pada setiap waktu dengan setiap skala yang diinginkan. Jendela modulasi yang mempunyai skala fleksibel inilah yang biasa disebut induk *wavelet* atau fungsi dasar *wavelet*. Dalam transformasi ini digunakan skala dan translasi, karena istilah waktu dan frekuensi sudah digunakan oleh transformasi Fourier. Skala berhubungan dengan frekuensi sedangkan translasi adalah lokasi jendela modulasi saat digeser sepanjang sinyal, berhubungan dengan waktu.

Secara matematis, CWT dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$W_n(s) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \psi^* \left[\frac{(n' - n)\delta t}{s} \right], \quad (2.3)$$

dengan :

$W_n(s)$: transformasi wavelet

s : *scale*

δt : *time spacing*

n : 1,2,...,N

n' : 0,1,...,N-1

x : data time series sebelum transformasi

ψ^* : *wavelet*, dengan * menunjukkan konjugasi kompleks

N : jumlah data

Fungsi dasar *wavelet* dapat didesain sesuai kebutuhan untuk mendapat hasil transformasi yang terbaik, sehingga inilah yang menjadi perbedaan mendasar dengan transformasi Fourier yang hanya menggunakan fungsi sinus sebagai jendela modulasi.

Dalam transformasi wavelet, digunakan *mother wavelet* yang sesuai dengan data dalam proses dekomposisi. Pada penelitian ini digunakan *mother wavelet Morlet*.

$$\psi(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0\eta} e^{-\eta^2/2}, \quad (2.4)$$

dengan :

$\psi(\eta)$: fungsi wavelet

ω_0 : untuk morlet 6

$$\eta : \frac{t-1}{s}$$

i : 1,2,...,N

Rekonstruksi wavelet hanya bisa digunakan untuk data real, sedangkan hasil dari dekomposisi wavelet menggunakan morlet menghasilkan data yang imajiner, sehingga dari data imajiner digunakan nilai realnya saja, berikut ini fungsi untuk rekonstruksi :

$$x_n = \frac{\delta j \delta t^{1/2}}{C_\delta \psi_0(0)} \sum_{j=0}^J \frac{\Re\{W_n(s_j)\}}{s_j^{1/2}}, \quad (2.5)$$

dengan :

x_n : data hasil rekonstruksi

C_δ : faktor rekonstruksi (untuk morlet : 0,776)

δj : faktor untuk rata-rata skala (untuk morlet : 0,6)

$\psi_0(0)$: untuk morlet $\pi^{-1/4}$

$W_n(s)$: transformasi wavelet

J : banyak scale

j : 0,1,...,J

2.4 Fuzzy Logic

Logika fuzzy adalah cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Inteligent*) yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk

biner. Logika fuzzy meninterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis.

Lotfi Zadeh pada tahun 1965 mengenalkan logika fuzzy yang ide dasarnya berupa *inclusion*, *union*, *intersection*, *complement*, *relation* dan *convexity*. *Fuzzy logic* memberi ruang dan bahkan mengeksploitasi toleransi terhadap ketidakpresisian. Dengan *fuzzy logic*, sistem kepakaran manusia bisa diimplementasikan ke dalam bahasa mesin yang mudah dan efisien.

Menurut Indrabayu, et al (2012) Fuzzy sering digunakan karena alasan berikut ini :

- Konsep *fuzzy logic* sangat sederhana sehingga mudah dipahami. Kelebihannya dibanding konsep yang lain adalah membentuk pendekatan-pendekatan alami dalam memecahkan masalah.
- *Fuzzy logic* adalah fleksibel, dalam arti dapat dibangun dan dikembangkan dengan mudah tanpa harus memulai dari nol.
- *Fuzzy logic* memberikan toleransi terhadap ketidakpresisian data. Hal ini sangat cocok dengan fakta sehari-hari.
- Pemodelan/pemetaan untuk mencari hubungan data input output dari sistem *black box* bisa dilakukan dengan memakai sistem *fuzzy logic*.
- Pengetahuan atau pengalaman dari para pakar dapat dengan mudah dipakai untuk membangun *fuzzy logic*. Hal ini merupakan kelebihan utama *fuzzy logic* dibanding jaringan saraf tiruan (JST).
- *Fuzzy logic* dapat diterapkan dalam desain sistem kontrol tanpa harus menghilangkan teknik desain sistem kontrol konvensional yang sudah terlebih dahulu ada.
- *Fuzzy logic* berdasar pada bahasa manusia

2.4.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan dalam matematika. Logika fuzzy menggunakan suatu set aturan untuk menggambarkan perilakunya. Aturan-aturan tersebut menggambarkan kondisi yang diharapkan dan hasil yang diinginkan dengan menggunakan statement IF...THEN. Himpunan fuzzy memiliki karakteristik nilai fungsi yang mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$.

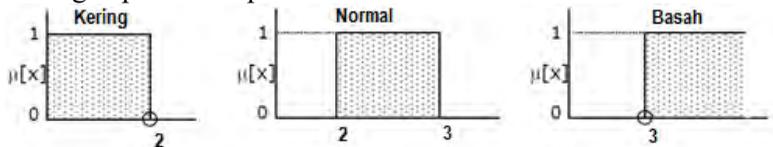
Jika sebuah elemen dalam semesta, katakanlah x adalah anggota dari himpunan fuzzy A , maka pemetaan ini diberikan oleh $\mu_A(x) \in [0, 1]$. Simbol $\mu_A(x)$ adalah derajat keanggotaan dari elemen x dalam himpunan fuzzy A . $\mu_A(x)$ adalah nilai dalam interval antara 0 dan 1 yang mengukur derajat dimana elemen x menjadi anggota dalam himpunan fuzzy A . Notasi ini dapat dibedakan dengan himpunan klasik, yaitu $A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$ dimana elemen x dalam semesta adalah anggota atau bukan anggota dari himpunan klasik A (Kusumadewi, Hartati, Harjoko, & Wardoyo, 2006)

Contoh :

Misalkan diketahui variabel SPI yang dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

- Kering : $SPI < 2$
- Normal : $2 \leq SPI \leq 3$
- Basah : $SPI > 3$

Nilai keanggotaan secara grafis, himpunan Basah, Normal dan Kering dapat dilihat pada Gambar 2.2.

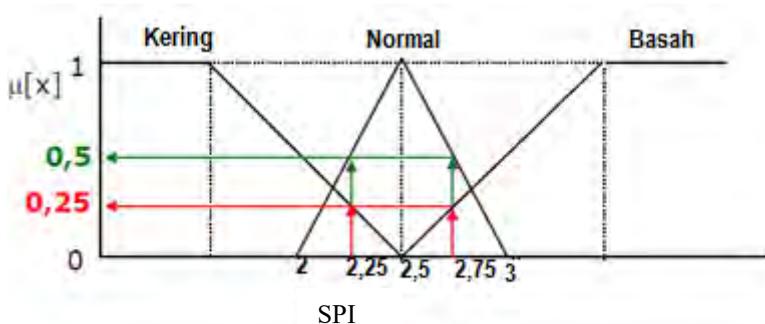


Gambar 2.2 Himpunan Klasik Basah, Normal, Kering

Berdasarkan himpunan klasik beberapa kesimpulan yang dapat dibuat adalah:

- apabila suatu daerah pada bulan Januari memiliki SPI 2,6 maka ia dikatakan Normal ($\mu_{Normal}(2,6) = 1$)
- apabila suatu daerah pada bulan Januari memiliki SPI 1,9 maka ia dikatakan Kering ($kering(1,9) = 1$)

Dalam penggunaan himpunan klasik perubahan kecil dapat menyebabkan perbedaan yang signifikan, sehingga penggunaan himpunan klasik dianggap tidak adil. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengatasi hal tersebut. Pada himpunan *fuzzy*, seseorang dapat masuk dalam dua himpunan yang berbeda, misal Kering dan Normal, berdasarkan seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut yang dapat dilihat dari nilai keanggotaan. Ilustrasi dari penggunaan himpunan *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Himpunan Kering, Normal, Basah

Berdasarkan himpunan fuzzy dapat dilihat bahwa:

- apabila pada bulan Januari SPInya 2,25, maka ia termasuk dalam himpunan kering ($\mu_{kering}(2,25) = 0,25$), namun ia juga termasuk dalam himpunan Normal ($\mu_{Normal}(2,25) = 0,5$)
- apabila pada bulan Januari SPInya 2,75, maka ia termasuk dalam himpunan basah ($\mu_{basah}(2,75) = 0,25$), namun ia juga termasuk dalam himpunan Normal ($\mu_{Normal}(2,75) = 0,5$)

Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu :

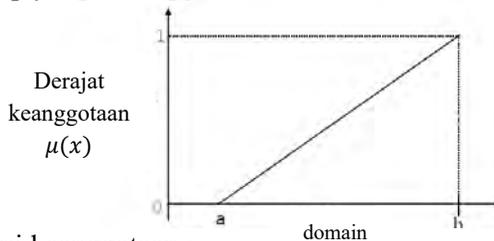
- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, misalnya : kering, basah dan normal
- b. Numeris, yaitu suatu nilai atau angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya : 20,30,50

2.4.2 Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaan yang memiliki nilai interval antara 0 sampai 1. Keanggotaan dalam himpunan Fuzzy mempunyai bentuk yang berbeda-beda terdiri dari bentuk linier, bell, gaussian, trapesoidal dan triangular (Lautri, 2010).

- Fungsi Keanggotaan Linier

Pada fungsi keanggotaan linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus, sangat sederhana dan bagus digunakan untuk konsep yang kurang jelas.

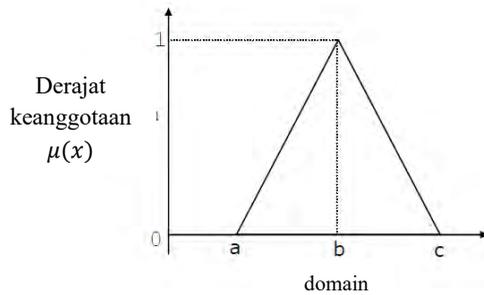


Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases}$$

- Fungsi Keanggotaan Segitiga

Pada fungsi ini dasarnya adalah gabungan antara 2 garis (linier)

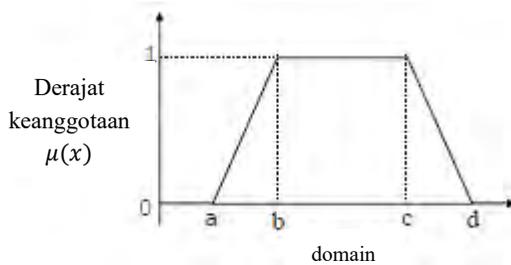


Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$

- Fungsi Keanggotaan Trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium pada dasarnya berbentuk segitiga, hanya ada beberapa titik yang nilai keanggotaannya 1.



Fungsi Keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & c < x < d \end{cases}$$

2.4.3 Fuzzyfikasi

Proses Fuzzyfikasi adalah proses dimana terjadi perubahan dari variabel numerik (*non fuzzy*) mejadi variabel linguistik (*fuzzy*). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantifikasi sebelum diolah oleh pengendali fuzzy harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel fuzzy. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi fuzzy yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara fuzzy pula. Proses ini disebut fuzzyfikasi.

Dengan kata lain fuzzyfikasi merupakan pemetaan titik-titik numerik (*crisp point*)

$x = (x^1, x^2, \dots, x^n)^T \in U$ ke himpunan fuzzy A di U . U adalah semesta pembicaraan. Paling tidak ada dua kemungkinan pemetaan,yaitu :

- Fuzzyfikasi *singleton*: A adalah *fuzzy singleton* dengan support x , artinya $(x') = 1 A \mu$ untuk $x' = x$ dan $(x') = 0 A \mu$ untuk $x' \in U$ yang lain dengan $x' = x$.
- Fuzzyfikasi *nonsingleton* : $(x) = 1 A \mu$ dan $(x') A \mu$ menurun dari 1 sebagaimana x' bergerak menjauh dari x .

Sejauh ini yang paling banyak digunakan adalah fuzzyfikasi *singleton*, tetapi pemakaian *nonsingleton* juga telah dirintis terutama untuk masukan-masukan yang banyak dimasuki oleh derau (*noise*).

2.4.4 Defuzzyfikasi

Keputusan yang dihasilkan dari proses penalaran masih dalam bentuk fuzzy, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran, hasil ini harus diubah kembali menjadi variabel numerik *non fuzzy* melalui proses defuzzyfikasi

2.5 Fuzzy Time Series

Menurut Song dan Chissom (1993) *fuzzy time series* dibagi menjadi dua yaitu *time invariant* dan *time variant*. *Time invariant* adalah jika semua hubungan antara waktu ke t dengan t-k sama, sedangkan jika semua hubungan tidak sama maka disebut dengan *time invariant*.

Menurut Nguyen (2006), dalam penelitiannya mengatakan bahwa konsep yang paling mendasar dalam *fuzzy time series* adalah dengan mengubah pengamatan kedalam himpunan fuzzy dengan menggunakan fungsi keanggotaan, karena pengamatan tersebut memiliki fitur untuk menjelaskan himpunan fuzzy. Melalui fungsi keanggotaan, himpunan fuzzy dapat dihitung, dan kemudian menganalisa informasi fuzzy tersebut dengan menerapkan metode matematika yang tepat. *Fuzzy time series* menurutnya adalah metode menggabungkan variabel linguistik dengan proses menganalisis penerapan logika fuzzy dalam *time series* untuk memecahkan ketidakpastian data.

Menurut Song dan Chissom (1993) ada beberapa definisi yang diperlukan dalam metode *fuzzy time series* ini. Misalkan U adalah himpunan sampel, dimana $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ dan $U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2] = [\text{awal}, \text{akhir}]$. D_1 dan D_2 adalah bilangan positif. Himpunan fuzzy A merupakan bagian dari U yang dinyatakan sebagai :

$$A = f_A(u_1)/u_1 + f_A(u_2)/u_2 + \dots + f_A(u_n)/u_n \quad (2.6)$$

Dimana f_A adalah fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy, dan $f_A : U \rightarrow [0,1]$, $f_A(u_i)$ adalah derajat keanggotaan dari u_i dalam himpunan fuzzy A dan $1 \leq i \leq n$.

Definisi 1. $Y(t)$ ($t=...,0,1,2,...$) merupakan bagian dari bilangan real (R). Maka himpunan sampel dari fuzzy adalah $f_i(t)$ ($i=1,2,...$) dan $F(t)$ adalah himpunan dari $f_1(t), f_2(t), ...$ maka $F(t)$ disebut *fuzzy time series* pada $Y(t)$.

Definisi 2. Jika ada *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) $R(t,t-1)$, seperti $F(t) = F(t-1) \circ R(t,t-1)$, dimana \circ adalah operator komposisi max-min, maka dapat dikatakan $F(t)$ terjadi karena $F(t-1)$. Hubungan antara $F(t)$ dengan $F(t-1)$ dapat ditulis $F(t-1) \rightarrow F(t)$.

Menurut Chen (2002) dalam Lusia dan Suhartono (2011) orde tinggi *fuzzy time series* didefinisikan seperti berikut

Definisi 3. Misalkan $F(t)$ adalah Fuzzy time series. *One-factor n-order Fuzzy time series* terjadi jika $F(t)$ dikatakan disebabkan oleh $F(t-1)$, $F(t-2), \dots$, dan $F(t-n)$, maka FLR ini direpresentasikan dengan :

$$F(t-n), \dots, F(t-2), F(t-1) \rightarrow F(t)$$

Definisi 4. Jika $F(t)$ adalah fuzzy time series dan $R(t,t-1)$ adalah *first-order* dari model $F(t)$. Jika $R(t,t-1) = R(t-1, t-2)$ independen terhadap t , maka $F(t)$ merupakan *time invariant fuzzy time series*. Jika $R(t,t-1)$ dependen terhadap t , $R(t,t-1)$ berbeda dengan $R(t-1, t-2)$ untuk setiap t maka $F(t)$ merupakan *time variant fuzzy time series*.

2.6 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) diatas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi. Satuan curah hujan adalah mm. Menurut BMKG (2015), curah hujan satu bulan adalah jumlah curah hujan yang terkumpul selama 28 atau 29 hari untuk bulan Pebruari dan 30 atau 31 untuk bulan-bulan lainnya. Sifat hujan sendiri adalah perbandingan antara jumlah curah hujan kumulatif selama satu bulan di suatu tempat dengan rata-ratanya atau

normalnya pada bulan dan tempat yang sama. Tabel 2.2 adalah kriteria intensitas curah hujan di wilayah Indonesia

Tabel 2.2 Kriteria Intensitas Curah Hujan di Indonesia

Kategori	Keterangan
Ringan	1-5 mm/jam atau 5-20 mm/hari
Sedang	5-10 mm/jam atau 20-50 mm/hari
Lebat	10-20 mm/jam atau 50-100 mm/hari
Sangat Lebat	>20 mm/jam atau >100 mm/hari

(Sumber : BMKG)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data curah hujan bulanan selama periode 1948-2015 yang diperoleh dari *National Center for Environmental Prediction* – NOAA pada website <http://www.esrl.noaa.gov>

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan bulanan pada koordinat 6°LU-10°LS dan 95°BT-145°BT pada tahun 1948-2015. Struktur data untuk variabel curah hujan ditunjukkan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Struktur Data Variabel Curah hujan

Koordinat	6°LU			...	11°LS		
Bulan	95°BT	...	145°BT	...	95°BT	...	145°BT
01-1948	$X_{1\ 1\ 1}$	...	$X_{1\ 50\ 1}$	...	$X_{1\ 1\ 17}$	...	$X_{1\ 50\ 17}$
02-1948	$X_{2\ 1\ 1}$	...	$X_{2\ 50\ 1}$	...	$X_{2\ 1\ 17}$	...	$X_{2\ 50\ 17}$
...
12-2015	$X_{816\ 1\ 1}$	...	$X_{816\ 50\ 1}$	...	$X_{816\ 1\ 17}$	...	$X_{816\ 50\ 17}$

Keterangan :

X_{abc} = X adalah data curah hujan pada bulan ke-a, titik lintang ke-b, dan titik bujur ke-c, dimana a = 1,2,...,816 , b=1,2,..., 17 c = 1,2,...50

3.3 Langkah Penelitian

Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membagi lintang dan bujur wilayah Indonesia dengan 1° *grid point* dimana mewakili 111,32 km. Dari langkah ini didapatkan 51 koordinat bujur, 17 koordinat lintang. Sehingga total didapatkan sebanyak 850 titik koordinat

Untuk setiap grid dilakukan langkah sebagai berikut :

2. Melakukan *pre-processing* data curah hujan dari <http://www.esrl.noaa.gov> dengan cara :
 - i. Melakukan konversi ekstensi .nc menjadi .txt setiap titik koordinat yang diamati menggunakan software GrADS.
 - ii. Menggabungkan data dari setiap titik koordinat yang berekstensi .txt menjadi file .csv dengan memuat keterangan bulan dan curah hujan / temperatur untuk wilayah Indonesia.
3. Mencari nilai SPI data setiap bulan.
4. Mendiskripsikan data SPI Indonesia.
5. Dekomposisi untuk mendapatkan *spectra band* dan Rekonstruksi sebagai invers dari hasil dekomposisi.
6. Menggunakan *Fuzzy Logic* sebagai metode prakiraan dengan langkah sebagai berikut :

- i. Mendefinisikan D_{min} dan D_{max} . Dimana D_{min} merupakan data minimum dan D_{max} adalah data maksimum. Dimana semesta pembicaraan U berada pada *range* D_{min} dan D_{max} .
- ii. Bagi semesta pembicaraan U menjadi beberapa interval yang sama. Misalkan pembicaraan U dibagi menjadi n dengan interval yang sama, l merupakan interval dimana $l = 0,25$. Perbedaan diantara dua interval berturut-turut adalah k , dimana $k = 0,125$. Maka setiap interval dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut :

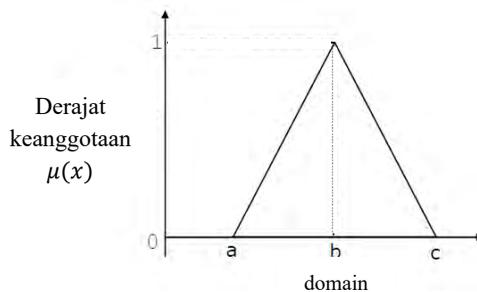
$$\begin{aligned}
 u_1 &= [D_{min}, D_{min} + l] \\
 u_2 &= [D_{min} + k, D_{min} + k + l] \\
 u_3 &= [D_{min} + 2k, D_{min} + 2k + l] \\
 &\dots\dots\dots \\
 u_n &= [D_{min} + (n - 1)k, D_{min} + (n - 1)k + l]
 \end{aligned}$$

u_n : interval ke n

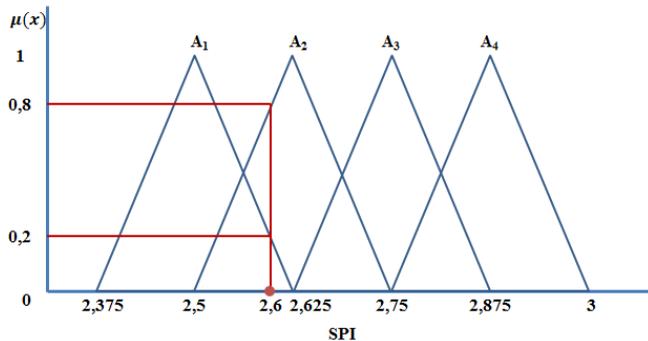
- iii. Definisikan Himpunan fuzzy pada semesta pembicaraan U .

$$U = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}$$

- iv. Fuzzifikasi data historis yang ada. Step ini adalah step dimana kita akan mencari himpunan *fuzzy* dari setiap data input. Metode yang digunakan adalah untuk mendefinisikan setiap potongan set kepada A_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Jika kumpulan data historis berada pada interval u_i , maka data tersebut akan di *fuzzifikasi* ke himpunan fuzzy A_i . Untuk menentukan data historis akan di *fuzzifikasi* ke himpunan fuzzy A_i maka digunakan fungsi keanggotaan segitiga :



$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$



Misalkan, data historis = 2,6, data ini mempunyai dua kemungkinan, untuk masuk dalam interval u_1 dan u_2 Maka dihitung terlebih dahulu derajat keanggotaan,

Interval u_1 :

$$\mu_1(2,6) = \frac{2,6 - 2,625}{2,5 - 2,625} = \frac{0,025}{0,125} = 0,2$$

Interval u_2 :

$$\mu_2(2,6) = \frac{2,5 - 2,6}{2,5 - 2,625} = \frac{0,1}{0,125} = 0,8$$

Karena $\mu_1(2,6) < \mu_2(2,6)$, maka data historis = 2,6 masuk kedalam interval 2 maka data tersebut akan di *fuzzyfikasi* ke himpunan fuzzy A_2 .

- v. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Dengan berdasar pada definisi 3 yaitu : Misalkan $F(t)$ adalah Fuzzy time series dan $F(t)$ disebabkan $F(t - 1)$, maka FLR dipresentasikan

$$F(t - 1) \rightarrow F(t)$$
- vi. Melakukan perhitungan output peramalan. Jika $F(t - 1) : A_j$ maka peramalan dari $F(t)$ dapat diperoleh berdasarkan aturan sebagai berikut :

Rule 1 : jika FLRG dari A_j kosong ($A_j \rightarrow \emptyset$) maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_j , yang merupakan titik tengah interval u_j :

$$F(t) = m_j$$

Rule 2 : jika FLRG dari A_j *one to one* ($A_j \rightarrow A_k$) maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_k , yang merupakan titik tengah dari u_k :

$$F(t) = m_k$$

Rule 3 : jika FLRG dari A_j *one to many* ($A_j \rightarrow A_1, A_2, A_3$) maka peramalan dari $F(t)$ adalah perhitungan rata-rata dari m_1, m_2, m_3 yang merupakan titik tengah dari u_1, u_2, u_3 :

$$F(t) = (m_1, m_2, m_3)/3$$

Rule 4 : jika FLRG dari A_j *one to many* ($A_j \rightarrow A_1, 3A_2, 2A_3$) maka peramalan dari $F(t)$ adalah perhitungan peluang dari rata-rata dari m_1, m_2, m_3 (yang merupakan titik tengah dari u_1, u_2, u_3) :

$$F(t) = \frac{m_1 + 3m_2 + 2m_3}{1 + 3 + 2}$$

- vii. Membuat matrik P untuk mengetahui nilai peramalan pada setiap himpunan fuzzy A_i

$$P = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_n \end{bmatrix}$$

- viii. Menghitung nilai peramalan untuk setiap data dan nilai peramalan untuk bulan berikutnya

7. Output data (prakiraan) selama satu tahun yaitu tahun 2016
8. Menganalisis dan mengidentifikasi kejadian kekeringan di Indonesia
9. Mendapatkan kesimpulan dan saran

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

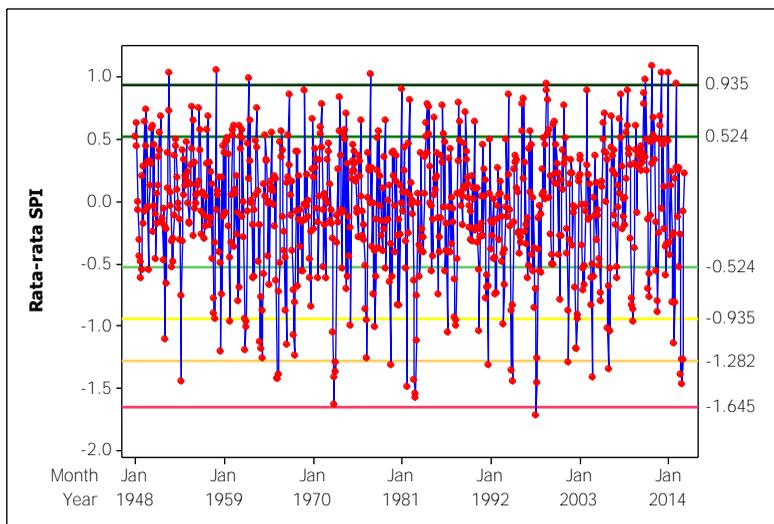
4.1 Preprocessing Data Curah Hujan

Data curah hujan didapat dari NOAA (*National Ocean and Atmospheric Administration*) yang dipublikasikan secara online di website <http://www.esrl.noaa.gov>. Setelah data curah hujan didapatkan dari NOAA, perlu dilakukan konversi tipe data .nc menjadi .tx dengan *script* yang ada di Lampiran 3. Aplikasi yang digunakan sebagai alat konversi tersebut yakni GrADS (*Grid Analysis and Display System*). Tampilan aplikasi GrADS terdapat pada Lampiran 4.

Penggunaan aplikasi GrADS juga diperlukan untuk mengetahui kode nama variabel yang akan digunakan dalam proses konversi. Kode nama variabel yang didapatkan dengan menggunakan *syntax* qfile pada GrADS yakni prec. Dengan demikian, didapatkan hasil konversi yakni 850 file .txt sesuai banyak titik koordinat wilayah dengan data sebanyak 816 bulan tiap file sehingga perlu dilakukan penggabungan menjadi satu file .csv. Penggabungan file .txt tersebut menggunakan *script* Lampiran 5. Data dengan tipe .csv merupakan data curah hujan yang siap dilakukan analisis.

4.2 Standardized Precipitation Index (SPI)

Dari data curah hujan yang telah di *preprocessing* selanjutnya dilakukan konversi data ke dalam indek kekeringan. Sehingga didapatkan data baru yaitu data SPI. Cara untuk mendapatkan data SPI ini yaitu dengan menggunakan *script* yang ada di Lampiran 6. Untuk mengetahui karakteristik SPI setiap bulan di Indonesia digunakan nilai rata-rata SPI. Nilai rata-rata SPI setiap bulan didapatkan dari rata-rata SPI diseluruh *grid*. Gambar 4.1 merupakan plot rata-rata SPI bulanan di Indonesia mulai tahun 1948 sampai 2015.



Gambar 4.1 Rata-rata SPI Bulanan pada tahun 1948-2015

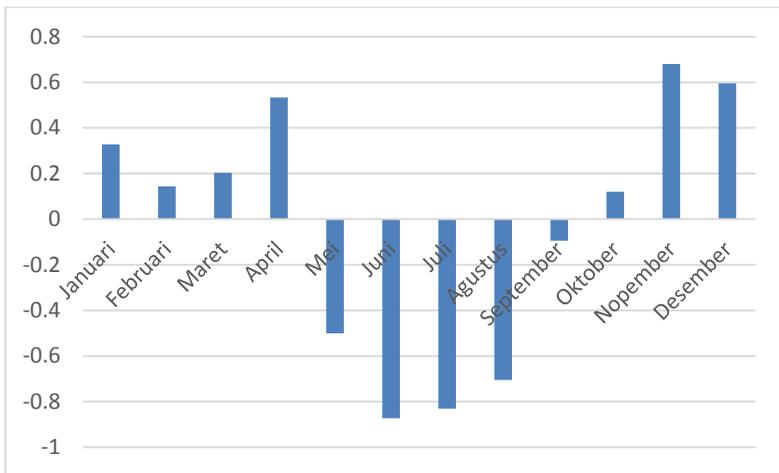
Selama 68 tahun, rata-rata kondisi Indonesia berada pada keadaan mendekati normal artinya tidak terlalu kering maupun lembab. Indonesia pernah mengalami kekeringan paling parah pada bulan Agustus 1997 dimana pada tahun ini nilai nilai SPI mencapai $-1,72179$. Nilai SPI tersebut sudah berada pada interval kekeringan yang ekstrim dan di seluruh daerah di Indonesia memiliki SPI yang bernilai negatif. Pada waktu sebelum dan setelah kejadian kekeringan paling parah tersebut, Indonesia mengalami kekeringan yang parah namun belum ekstrim yaitu pada Agustus 1953, Juli, Agustus, September 1965, Juli, Agustus, September, Oktober 1972, Agustus 1979, Agustus 1981, Juli, Agustus, September 1982, September 1991, Juli, September 1994, September 1997, Agustus 2000, Agustus 2004, Agustus 2006, Juli dan September 2015.

Berikut ini merupakan gambaran keadaan tiga wilayah di Indonesia yaitu pada longitude 100° dan latitude -1° yang berada disekitar Padang Sumatera Barat, Longitude 112° dan latitude -7°

daerah sekitar Bojonegoro dan Longitude 131° dan Latitude -1° daerah sekitar Sorong.

4.2.1 Karakteristik SPI Padang

Untuk mengetahui bagaimana karakteristik SPI Padang dan sekitarnya maka dapat diketahui dari histogram dibawah ini. Gambar 4.2 merupakan histogram yang menggambarkan rata-rata SPI perbulan di daerah Padang Sumatera Barat yang terletak pada Longitude 100° dan latitude -1°.



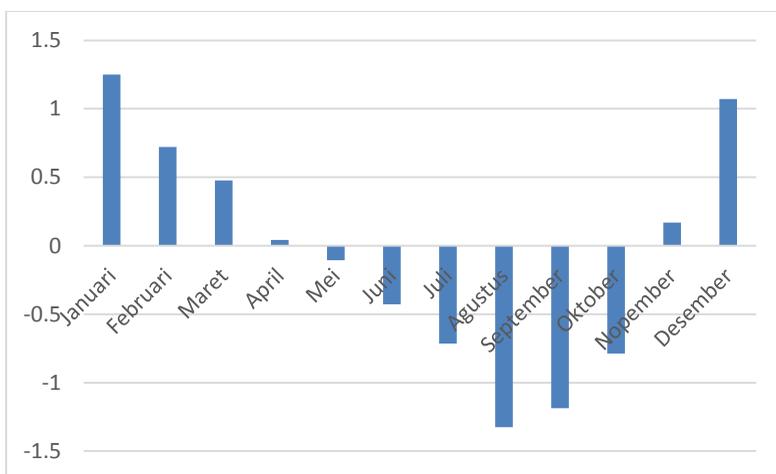
Gambar 4.2 SPI di wilayah Padang

Rata-rata SPI daerah Padang berada pada interval -0,872 sampai 0,679. Dari Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa bulan Januari hingga Maret kondisi daerah Padang dalam keadaan normal, namun bulan April mulai agak lembab, hal ini dapat diketahui dari nilai SPI April yang mencapai 0,5333. Bulan Mei adalah awal mula terjadinya *minor drought* hingga mencapai puncak pada bulan Juni. *Minor drought* ini terjadi selama 4 bulan berturut-turut mulai Mei, Juni, Juli hingga Agustus. Pada bulan September dan Oktober kondisi daerah Padang sudah berada pada

kondisi normal dan tidak terjadi kekeringan. Mulai bulan Nopember kondisinya sudah mulai lembab, artinya curah hujan mulai tinggi. Dan keadaan ini bertahan hingga Desember.

4.2.1 Karakteristik SPI Bojonegoro

Bojonegoro terletak pada Longitude 112° dan latitude -7°. Karakteristik kekeringan daerah ini dapat diketahui melalui nilai SPI perbulan dari tahun 1948 hingga 2015. Gambar 4.3 merupakan nilai rata-rata SPI perbulan yang digambarkan melalui histogram.



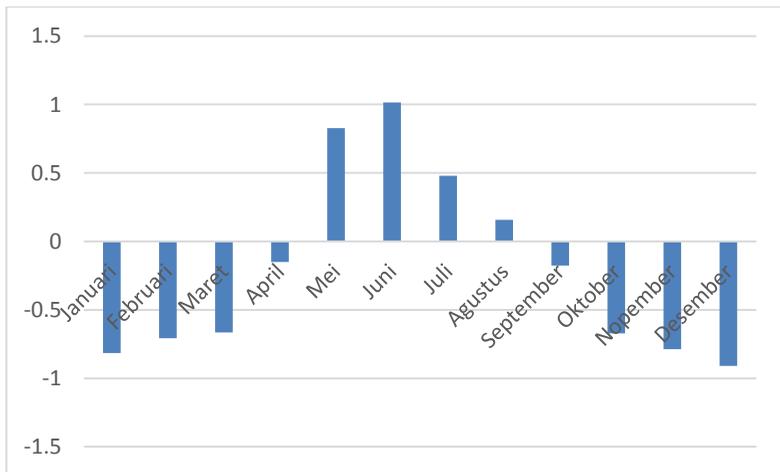
Gambar 4.3 SPI di wilayah Bojonegoro

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa daerah Bojonegoro memiliki rata-rata SPI perbulannya yang berada pada interval -1.324 sampai 1.251. Hal ini berarti dalam setiap tahunnya daerah Bojonegoro pernah mengalami *moderate drought* dan *moderate moisture*. Siklus terjadinya kekeringan dimulai pada bulan Juni, di bulan Juni Bojonegoro mengalami minor drought hingga mencapai puncak *moderate drought* pada bulan Agustus. Pada bulan September dan Oktober nilai SPInya

sudah naik dan keadaannya sudah mulai kembali ke *minor drought*. Awal bulan Nopember keadaan Bojonegoro sudah berada pada kondisi normal dan curah hujan mulai meningkat. Pada bulan Januari merupakan titik puncak terjadinya *moderate moisture*. Namun mulai februari nilai SPI turun hingga bulan Mei kondisinya menjadi semakin normal.

4.2.1 Karakteristik SPI Sorong

Sorong merupakan salah satu daerah yang berada di Timur Indonesia. Daerah ini berada pada Longitude 131° dan latitude -1°. Karakteristik SPI di Sorong berkebalikan dengan daerah-daerah yang ada di bagian barat Indonesia. Gambar 4.4 menggambarkan rata-rata SPI perbulan di Sorong.



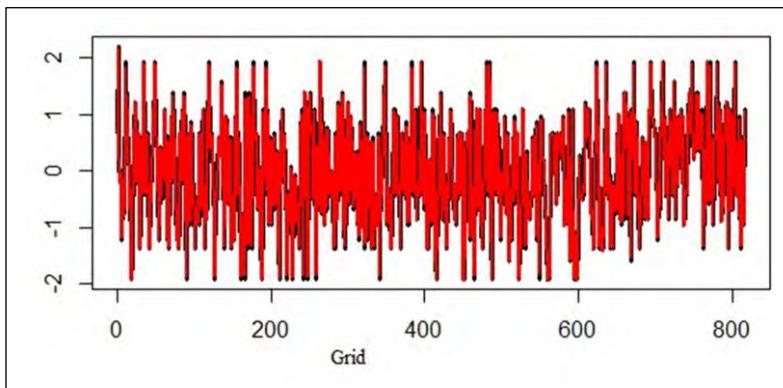
Gambar 4.4 SPI di wilayah Sorong

Interval SPI di daerah Sorong berada pada -0.9085 dan 1.0155. Hal ini berarti daerah ini mengalami *minor drought* hingga *moderate moisture*. Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui karakteristik SPI di Sorong, keadaan di Sorong berbeda dengan daerah yang berada di bagian barat Indonesia. Bulan

Oktober merupakan bulan awal terjadinya *minor drought* hingga puncaknya yaitu bulan Desember dan Januari. Bulan Februari nilai SPI sudah naik dan di bulan April kondisinya sudah berada pada kondisi normal. Bulan Mei merupakan bulan dimana curah hujan meningkat hingga pada bulan Juni ini merupakan puncak *moderate moisture* di daerah Sorong. Keadaan mulai normal kembali pada bulan Juli hingga September.

4.3 Wavelet

Wavelet yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Wavelet Fuzzy Logic* yang selanjutnya disebut (WFL). Proses yang dilakukan pertama kali adalah wavelet, kemudian hasil dari proses wavelet akan menjadi input untuk *fuzzy logic (fuzzy time series)*. Menurut Ozger, Mishra, dan Singh (2011) jenis transformasi wavelet yang digunakan adalah *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan mother wavelet yang digunakan adalah Morlet.



Gambar 4.5 Hasil proses wavelet

Pada saat melakukan proses dekomposisi *wavelet*. Selanjutnya dilakukan proses rekonstruksi sebagai output proses wavelet. Gambar 4.5 merupakan hasil transformasi wavelet untuk

koordinat longitude 100° dan latitude -1° , dimana garis hitam adalah data yang sebenarnya dan garis merah merupakan hasil rekonstruksi. Fungsi wavelet disini adalah untuk meningkatkan kualitas data sehingga data yang berdimensi tinggi dapat diatasi dan data dapat diaplikasikan dalam *time series*.

4.4 Fuzzy Time Series

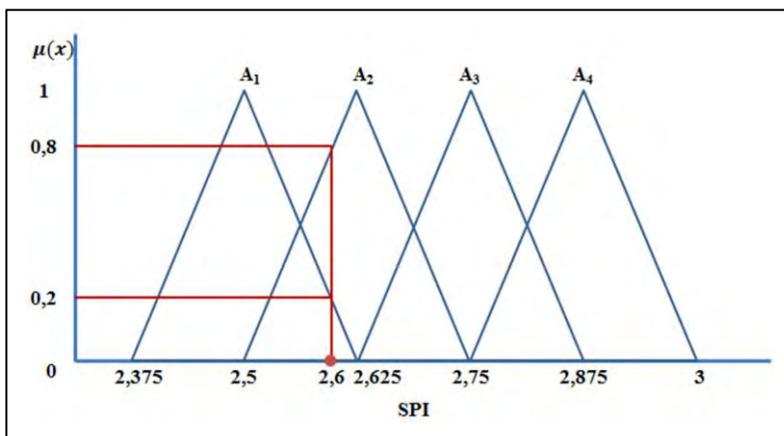
Pada tahap sebelumnya telah didapatkan data dari proses wavelet yang kemudian menjadi inputan untuk proses *fuzzy time series*. Langkah pertama yang digunakan adalah mendefinisikan semesta pembicaraan U yang dibagi menjadi 47 dengan interval yang sama. Pembagian ini berdasarkan pada rentang nilai SPI yaitu -3 sampai 3, semakin kecil interval yang digunakan maka akan menghasilkan nilai prakiraan yang lebih baik. Dalam penelitian ini digunakan interval 0,25 sehingga menghasilkan 47 interval. Mt merupakan nilai tengah dari interval yang nantinya akan digunakan untuk mewakili nilai titik yang berada pada interval tersebut. Tabel 4.1 merupakan tabel untuk mendefinisikan setiap u_i dengan interval dan nilai tengah (Mt).

Tabel 4.1 Himpunan U

Semesta Pembicaraan	Interval		Mt
u_1	-3,000	-2,750	-2,875
u_2	-2,875	-2,625	-2,750
u_3	-2,750	-2,500	-2,625
u_4	-2,625	-2,375	-2,500
u_5	-2,500	-2,250	-2,375
...
u_{47}	2,750	3,000	2,875

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui interval u_i dan nilai tengah untuk setiap u_i . Untuk u_1 memiliki interval -3 sampai dengan -2,75 dengan nilai tengah -2,875. Setelah mengetahui interval dan nilai M_t untuk setiap u_i maka langkah berikutnya adalah *fuzzyfikasi* data historis berdasarkan derajat keanggotaan, derajat keanggotaan diperoleh dari fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi keanggotaan segitiga. Jika kumpulan data historis berada pada interval u_i , maka data tersebut akan di *fuzzyfikasi* ke himpunan fuzzy A_i . Menurut Suratno (2011), fungsi keanggotaan segitiga menghasilkan respon sistem yang lebih optimal jika dibandingkan dengan tipe yang lain.

Gambar 4.6 merupakan contoh himpunan fuzzy untuk A_1 sampai A_4 . Dari gambar ini dapat diketahui derajat keanggotaan setiap data ke-i sehingga data ke-i dapat kita kelompokkan pada himpunan Fuzzy. Langkah ini disebut *fuzzyfikasi* data historis, dimana pada langkah ini kita akan mencari himpunan fuzzy dari setiap input yang ada.



Gambar 4.6 Himpunan Fuzzy

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui derajat keanggotaan setiap data SPI ke-i, misalkan untuk data SPI dengan

nilai 2,6. SPI dengan nilai 2,6 ini memiliki derajat keanggotaan di u_2 sebesar 0,8 dan di u_1 sebesar 0,2. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data SPI dengan nilai 2,6 ini masuk dalam interval u_2 sehingga di *fuzzifikasi* pada himpunan *fuzzy* A_2 . Langkah ini digunakan untuk menentukan himpunan fuzzy untuk semua data SPI.

Dari fuzzifikasi data historis maka setiap data sudah memiliki himpunan fuzzy masing-masing, kemudian membuat *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Tabel 4.2 merupakan tabel FLRG dan Defuzzifikasi untuk satu grid point yaitu pada Longitude 100° dan Latitude -1° yaitu didaerah Padang Sumatera Barat.

Tabel 4.2 FLRG, M(t), dan Defuzzifikasi

F(t-1)	F(t)	M(t)	$\hat{y}(t)$
A_1	$\rightarrow 0$	-2,875	-2,875
...
A_8	$\rightarrow 2A_9$	-2,000	-1,875
A_9	$\rightarrow 2A_8, 2A_9, 2A_{13}, 1A_{14}, 1A_{15}, 1A_{16}, 2A_{17}, 1A_{18},$ $2A_{20}, 3A_{21}, 2A_{25}, 2A_{26}, 1A_{28}, 1A_{29}, 1A_{34}$		0,7163
...	...	-1,875	...
A_{47}	$\rightarrow 0$	...	2,875
		2,875	

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui 47 kemungkinan nilai ramalan. F(t-1) merupakan data kemarin, F(t) merupakan data hari ini, M(t) merupakan nilai tengah himpunan fuzzy dan y(t) merupakan defuzzifikasi yang berupa data hasil prakiraan. Misalkan SPI kemarin (F(t-1)) A_8 maka akan diperoleh beberapa kemungkinan untuk prakiraan hari ini (F(t)) yaitu A_9 sebanyak dua kali.

Untuk memperoleh nilai hasil prakiraan hari ini (F(t)) jika kemarin (F(t-1)) adalah A_8 maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\hat{y}(t) = \frac{2 \times (M(t)A_9)}{2} = \frac{2 \times (-1,875)}{2} = -1,875$$

Dari perhitungan diatas, maka diperoleh nilai prakiraan hari ini (F(t)) jika kemarin (F(t-1)) adalah A_8 sebesar -1,875.

4.5 Hasil Prakiraan

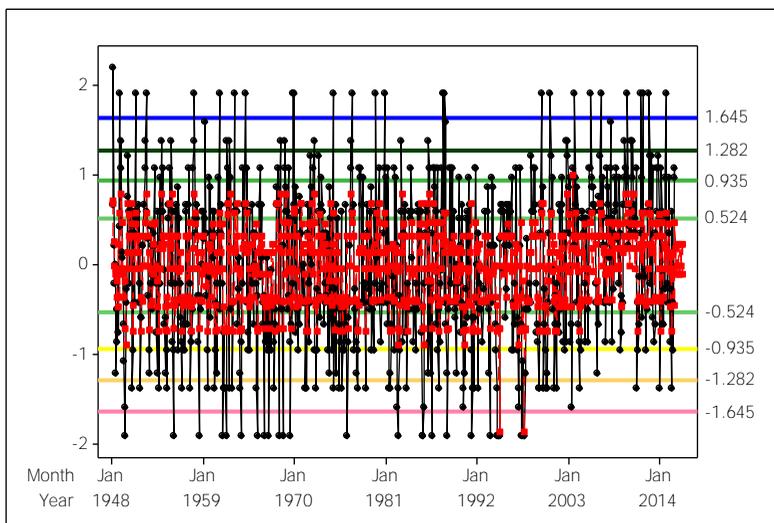
Dari langkah-langkah yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil prakiraan nilai SPI untuk 12 bulan ke depan yaitu mulai bulan Januari hingga Desember 2016 diseluruh wilayah Indonesia berdasarkan 1° *grid point* yang digunakan. Berikut ini merupakan perhitungan ketepatan klasifikasi untuk daerah Padang.

Tabel 4.3 Ketepatan Klasifikasi Padang

NO	SPI	Kategori	SPI Ramalan	Kategori	Keterangan
1	0,674	7	0,709	7	1
2	2,200	10	0,677	7	0
3	0,210	6	0,250	6	1
4	-0,210	6	-0,021	6	1
5	0,000	6	-0,054	6	1
6	-1,220	4	-0,110	6	0
7	-0,508	6	-0,187	6	1
8	-0,861	5	-0,362	6	0
9	-0,069	6	-0,479	6	1
10	-0,764	5	0,219	6	0
...
810	-0,282	6	-0,479	6	1
811	-1,382	3	0,134	6	0
812	0,589	7	-0,750	5	0
813	-0,430	6	-0,041	6	1
814	-0,967	4	0,134	6	0
815	1,085	8	-0,461	6	0
816	0,967	8	0,467	6	0
Jumlah					287
Ketepatan Klasifikasi					0,3517

4.5.1 Hasil Prakiraan Padang

Gambar 4.7 merupakan *time series* antara data asli dengan data hasil prakiraan didaerah Padang Sumatera Barat dengan Longitde 100° dan Latitude -1°.

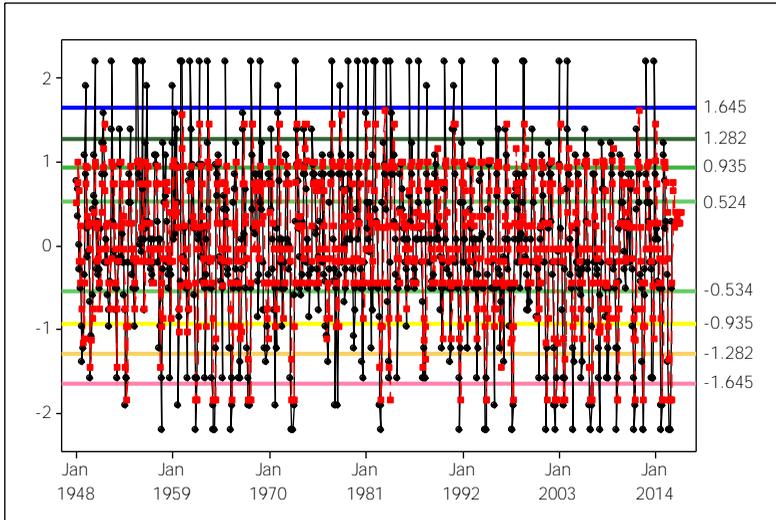


Gambar 4.7 Plot data asli dan hasil prakiraan Padang

Untuk mengetahui perbandingan data asli dengan hasil prakiraan daerah Padang dapat dilihat dari Gambar 4.7. Ketepatan dari pengklasifikasian ke dalam SPI antara data asli dan hasil prakiraan adalah 35,17%. Nilai prakiraan untuk 12 bulan ke depan berada pada interval -0,12 sampai 0,22. Dengan nilai tersebut maka prakiraan untuk 12 bulan kedepan daerah Padang berada pada posisi aman dari kekeringan. Berdasarkan nilai SPI, pada rentang tersebut daerah masih berada pada kondisi mendekati normal.

4.5.1 Hasil Prakiraan Bojonegoro

Bojonegoro terletak di Longitude -7° dan Latitude 112° daerah ini terletak di Pulau Jawa, tepatnya di Jawa Timur. Gambar 4.8 merupakan *time series plot* antara data SPI asli dan hasil prakiraan SPI untuk Bojonegoro.

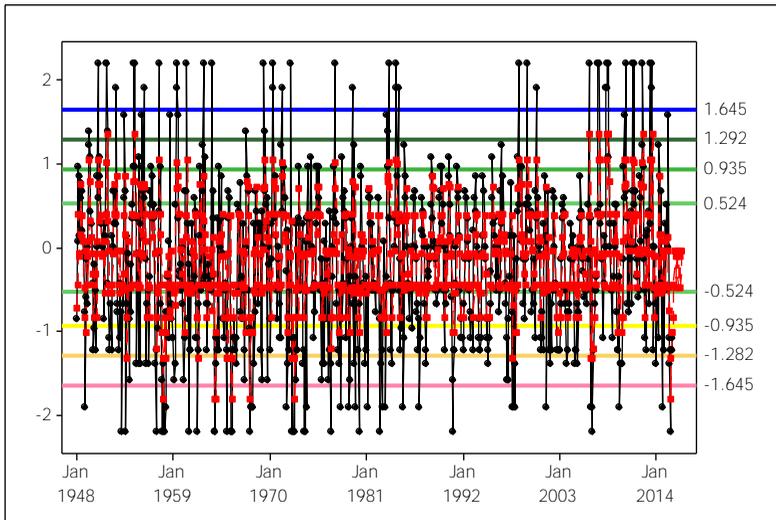


Gambar 4.8 Plot data asli dan hasil prakiraan Bojonegoro

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui hasil prakiraan untuk tahun 2016 di daerah Bojonegoro. Selama 12 bulan, diprakirakan daerah Bojonegoro berada pada nilai SPI yang positif. Bulan Januari dan Februari 2016 daerah ini diprakirakan berada pada keadaan *slightly moisture*. Namun untuk bulan selanjutnya nilai SPI turun dan berada pada keadaan yang normal. Ketepatan klasifikasi data SPI asli dan hasil prakiraan untuk daerah Bojonegoro adalah 40,93%.

4.5.1 Hasil Prakiraan Sorong

Untuk mengetahui hasil prakiraan selama tahun 2016 untuk daerah Sorong, maka dapat diketahui dari Gambar 4.9. Gambar 4.9 merupakan *time series plot* antara data SPI dan hasil prakiraan untuk daerah Sorong yang terletak pada Longitude 131° dan Latitude -1°.



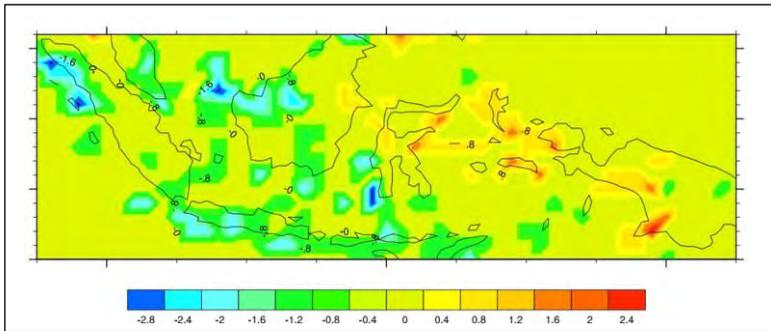
Gambar 4.9 Plot data asli dan hasil prakiraan Sorong

Sorong merupakan daerah yang berada di bagian Timur Indonesia. Kondisi daerahnya sangat berbeda dengan daerah di bagian barat Indonesia. Berdasarkan rata-rata SPI bulanan di 4.2.3 diketahui bahwa keadaannya berkebalikan dengan daerah di bagian Barat. Ketika daerah dibagian barat mengalami *moderate drought* didaerah Sorong mengalami *moderate moisture* dan sebaliknya ketika dibagian barat mengalami *moderate moisture* maka di Sorong mengalami *moderate drought*. Hal ini juga berpengaruh pada hasil prakiraan untuk daerah Sorong, Untuk bulan Januari daerah Sorong diprakirakan mengalami *minor*

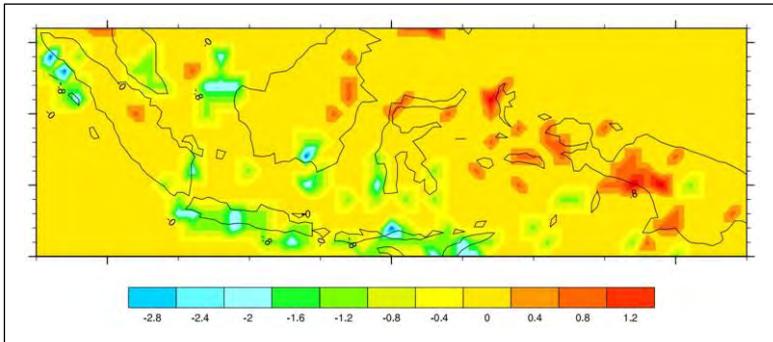
drought, dan untuk bulan selanjutnya diprakirakan nilai SPI selalu negatif. Namun nilai SPI yang negatif ini masih berada pada batas kondisi yang normal. Untuk mengetahui bagaimana kebaikan hasil prakiraan, maka dapat diketahui melalui ketepatan klasifikasi pada data SPI dan data hasil prakiraan. Ketepatan klasifikasi untuk daerah Sorong adalah 34,80%.

4.6 Hasil Prakiraan Triwulan I 2016

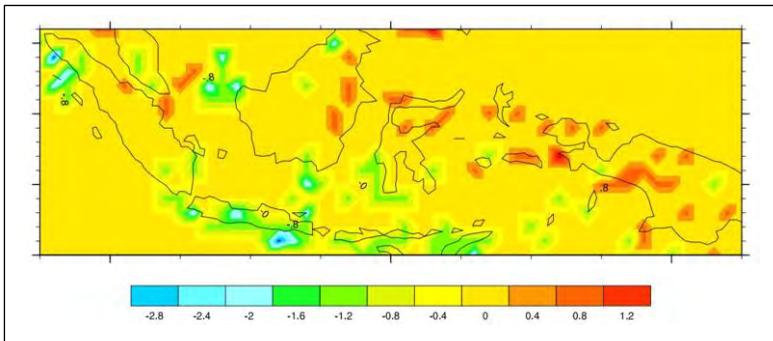
Peta kekeringan merupakan interpretasi nilai indeks kekeringan berdasarkan SPI yang berfungsi untuk mengetahui sebaran tingkat kekeringan Indonesia dan disajikan dalam gradasi warna. Gambar 4.10 merupakan peta kekeringan bulanan di triwulan I ini menggambarkan pola pergerakan tingkat kekeringan.



(a)



(b)



(c)

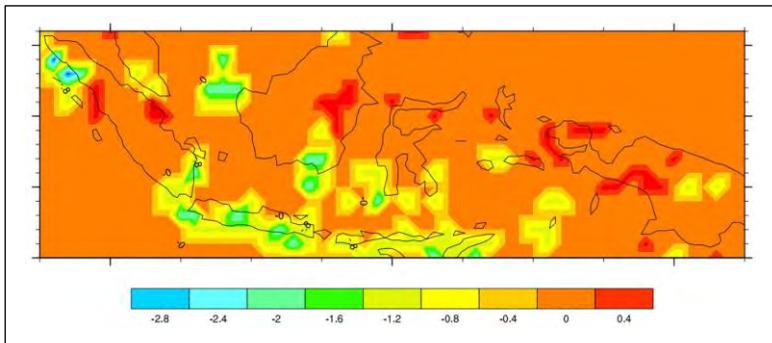
Gambar 4.10 (a) Prakiraan Kekeringan Januari (b) Prakiraan Kekeringan Februari (c) Prakiraan Kekeringan Maret

Keadaan wilayah Indonesia diprakirakan mengalami kekeringan parah pada bulan Januari di daerah Okaba Merauke yang ditunjukkan dalam Gambar 4.10(a) dengan warna merah. Tingkat keparahan bulan Januari berdasarkan SPI mencapai -1,294 jika dikategorikan kedalam klasifikasi indeks termasuk kedalam *severe drought*. Pola pergerakan kekeringan bulan Januari menuju Maret menunjukkan bahwa kekeringan tingkat menengah semakin meluas yang awalnya hanya didaerah

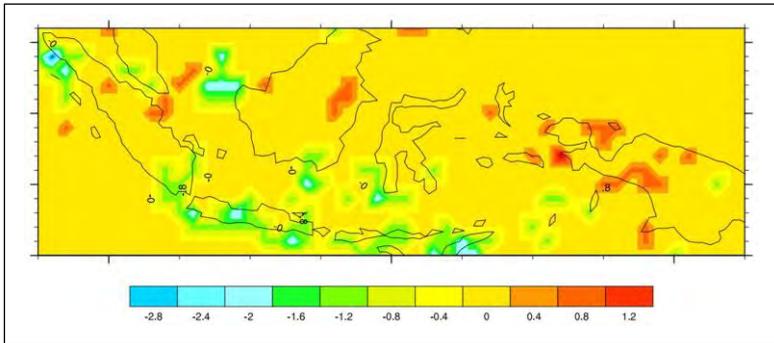
Halmahera, Papua Barat kemudian merambat ke daerah barat yaitu Sulawesi Utara, Kalimantan Timur dan Riau. Selain tingkat kekeringan, kita dapat mengetahui pola persebaran daerah yang basah atau daerah yang tidak rawan kekeringan. Pada Triwulan pertama pola penyebaran daerah basah semakin menciut, dalam Gambar 4.10 (a) Januari sebagian besar wilayah masih banyak dalam kategori basah, sedangkan menuju bulan Februari dan Maret daerah-daerah tersebut mulai bergeser menjadi daerah yang mendekati normal.

4.7 Hasil Prakiraan Triwulan II 2016

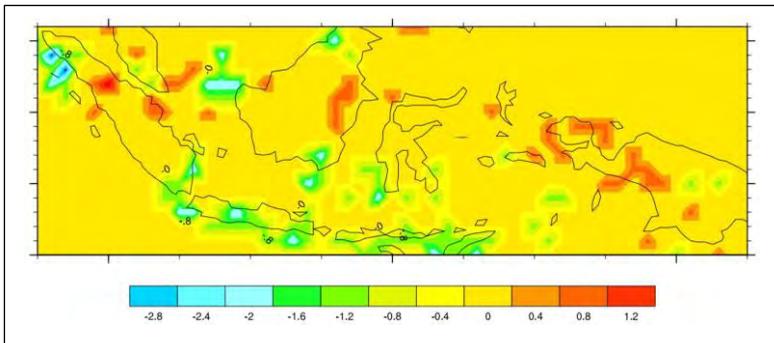
Media yang digunakan untuk memperlihatkan sebaran informasi tentunya dengan menggunakan peta yang memberikan gambaran kondisi secara spasial. Untuk mengetahui pola persebaran pada Triwulan II maka dapat diketahui dari Gambar 4.11.



(a)



(b)



(c)

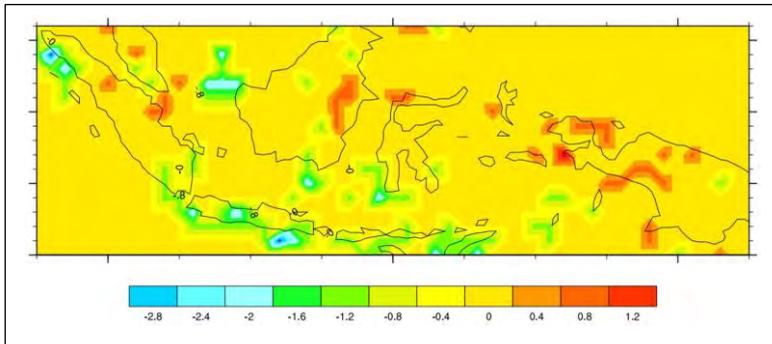
Gambar 4.11 (a) Prakiraan Kekeringan April (b) Prakiraan Kekeringan Mei (c) Prakiraan Kekeringan Juni

Triwulan II dimulai dari bulan April, yang diperkirakan pada awal Triwulan II seluruh wilayah Indonesia berada pada kondisi mendekati normal. Di sepanjang triwulan II ini ada beberapa daerah yaitu Aceh, Sumatera Selatan, Jawa Bali, NTT, NTB dan Kalimantan Selatan yang diperkirakan sebagai daerah basah. Kekeringan diperkirakan akan mulai terjadi pada bulan Mei yaitu pada Gambar 4.11 (b) dimana *moderate drought* mulai terjadi di daerah Riau, bagian utara Sumatera Utara, Kalimantan

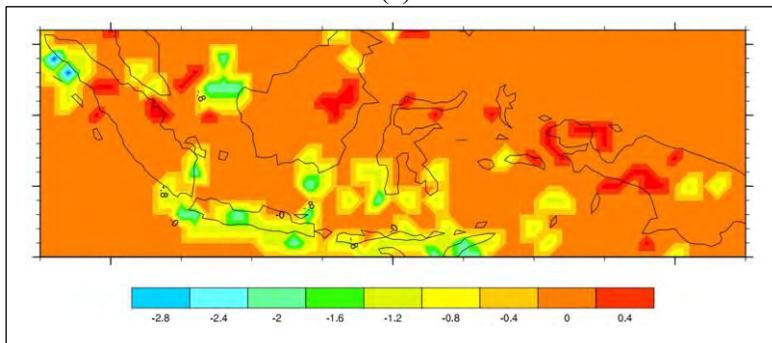
Timur, dan Papua. Pada bulan Juni, diperkirakan keadaan wilayah Indonesia tidak berbeda jauh dengan bulan Mei, hanya saja daerah dengan *moderate drought* mulai menyebar lebih luas didaerah Sumatera Utara.

4.8 Hasil Prakiraan Triwulan III 2016

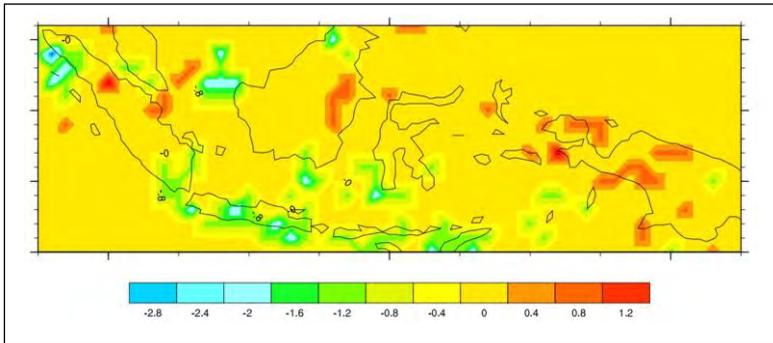
Prakiraan kekeringan yang disusun menjadi peta kekeringan berguna untuk menilai kemampuan lahan terhadap dampak kekurangan air. Gambar 4.12 merupakan prakiraan kekeringan yang telah dipetakan untuk triwulan ketiga 2016.



(a)



(b)



(c)

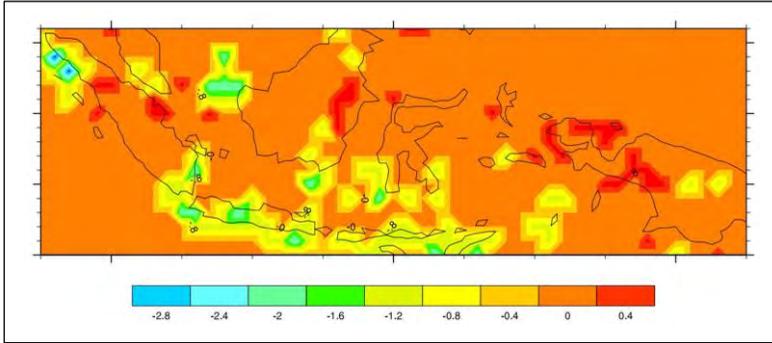
Gambar 4.12 (a) Prakiraan Kekeringan Juli (b) Prakiraan Kekeringan Agustus
(c) Prakiraan Kekeringan September

Pola prakiraan kekeringan pada triwulan ini diawali dan diakhiri dengan keadaan terjadinya *minor drought* hingga *moderate drought*, dan ditengah-tengah yaitu bulan Agustus pada Gambar 4.12(b) keadaannya berada pada kondisi mendekati normal dan banyak daerah yang termasuk dalam kriteria basah. Pada bulan Juli Gambar 4.12(a) *minor drought* terjadi didaerah Sumatera Utara, Riau, Kalimantan Timur, Sulawesi Utara dan beberapa daerah di Papua sama halnya dengan bulan September Gambar 4.12(c) akan tetapi pada bulan September ini daerah Sumatera Utara diprakirakan mengalami *moderate drought*. Pergerakan kekeringan di triwulan ini tidak berubah secara signifikan, antara akhir dan awal triwulan. Daerah yang diprakirakan memiliki kelembaan yang tinggi juga masih berada pada daerah yang sama yaitu sekitar pulau Jawa, Bali, NTT, NTB dan Aceh.

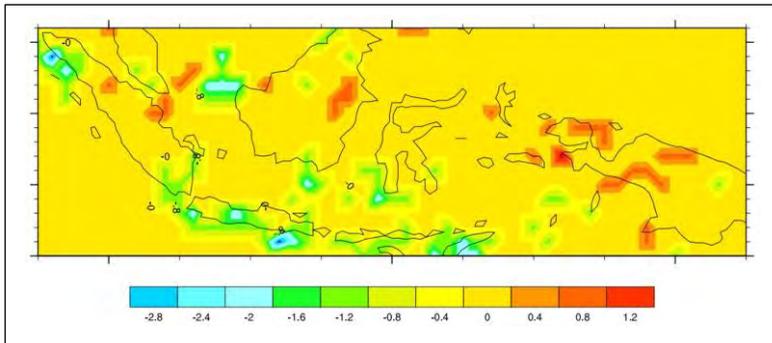
4.9 Hasil Prakiraan Triwulan IV 2016

Triwulan IV merupakan bagian akhir di tahun 2016. Pola pergerakan kekeringan pada triwulan ini dapat kita lihat pada

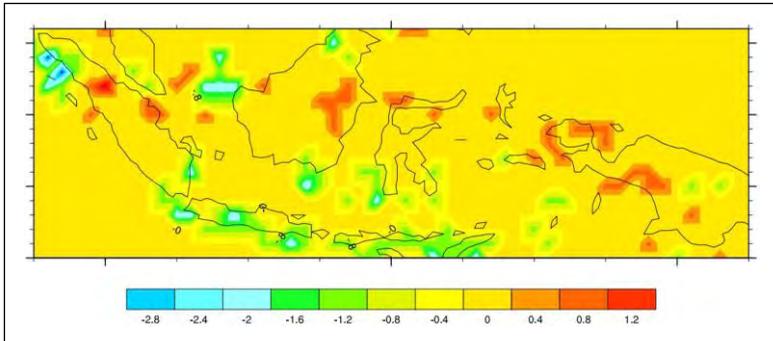
Gambar 4.13, dimana (a) adalah peta bulan Oktober, (b) adalah peta bulan Nopember dan (c) adalah peta bulan Desember



(a)



(b)



(c)

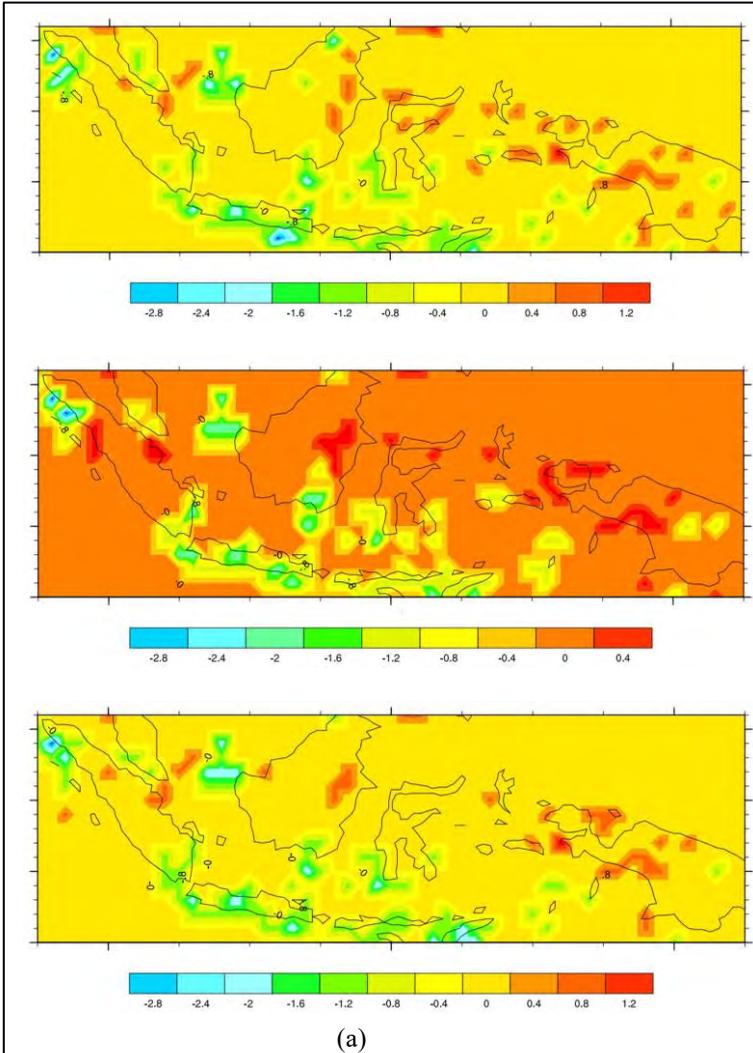
Gambar 4.13 (a) Prakiraan Kekeringan Oktober (b) Prakiraan Kekeringan Nopember (c) Prakiraan Kekeringan Desember

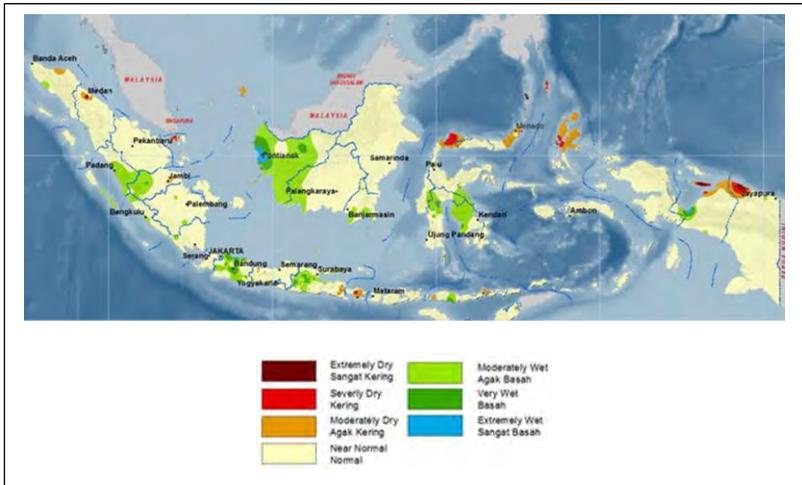
Kedaaan Indonesia pada akhir tahun 2016 pada bulan Oktober sebagian besar wilayahnya berada mendekati normal. Sedangkan untuk bulan berikutnya yaitu Nopember dan Desember mulai terjadi *minor drought* di beberapa wilayah. Riau, Sumatera Utara, Kalimantan Timur dan Papua merupakan daerah-daerah yang diprakirakan rawan terjadinya bencana kekeringan di penghujung tahun 2016 ini. Pada dua bulan terakhir ini perubahan persebaran kekeringan tidak berubah drastis. Hanya di daerah Sumatera Utara dimana *minor drought* meluas dan dititik pusat *minor drought* berubah menjadi *moderate drought*. Daerah dengan tingkat kelembaban yang tinggi tidak banyak berubah untuk triwulan keempat yaitu daerah Jawa, Bali, NTT, NTB, Sumatera Selatan dan Aceh saja yang merupakan daerah lembab.

4.10 Perbandingan Hasil Prakiraan WFL dengan BMKG

BMKG telah melakukan prakiraan SPI 3 bulanan untuk 2016 yaitu mulai bulan Maret. Gambar 4.14 merupakan peta

prakiraan kekeringan dengan WFL selama bulan Maret sampai Mei 2016 dan peta prakiraan SPI 3 bulanan Maret-Mei 2016 oleh BMKG.





(Sumber : BMKG,2016)

(b)

Gambar 4.14 (a) Peta prakiraan kekeringan Maret, April dan Mei 2016 (b) Peta prakiraan kekeringan BMKG pada Maret-Mei 2016

Untuk mengetahui perbandingan hasil prakiraan BMKG dengan prakiraan WFL maka dapat diketahui dari Gambar 4.14. Untuk periode Maret sampai Mei, BMKG memperkirakan terjadi *extreme drought* di daerah Papua dan *moderate drought* diperkirakan terjadi di beberapa daerah Aceh utara, Medan, Riau, Sulaesi, dan Halmahera dan Bali. Sedangkan Prakiraan kekeringan oleh WFL pada bulan Maret daerah yang mengalami kekeringan, Kalimantan Timur dan Gorontalo. Bulan April tidak ada daerah yang mengalami kekeringan. Bulan Mei kekeringan diperkirakan terjadi kembali di daerah Riau, Sumatera Utara, dan Kalimantan Timur. Dari perbandingan ini, dapat diketahui bahwa hasil prakiraan BMKG dan WFL hampir sama untuk beberapa daerah di Indonesia

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan Indonesia

Tanggal	Grid			
	-1°,100 °	-1 °,101 °	...	-6 °,99 °
1/1948	9,214	10,943	...	0,775
2/1948	19,505	18,019	...	0,449
3/1948	7,688	9,664	...	3,276
4/1948	6,846	5,5	...	5,884
5/1948	7,534	8,91	...	4,722
6/1948	3,446	4,577	...	5,15
7/1948	5,36	6,007	...	9,701
8/1948	4,252	4,35	...	9,382
9/1948	7,414	8,057	...	7,935
10/1948	4,626	5,002	...	8,261
11/1948	13,828	14,275	...	8,005
12/1948	8,368	7,695	...	0,471
...
6/2014	4,926	4,357	...	8,556
7/2014	4,995	4,073	...	5,795
8/2014	7,5	6,816	...	10,762
9/2014	6,733	4,911	...	10,271
10/2014	10,443	7,75	...	12,17
11/2014	14,822	13,262	...	7,218
12/2014	8,499	8,257	...	4,077
1/2015	6,115	5,445	...	0,583
2/2015	7,19	6,551	...	0,319
3/2015	8,242	8,685	...	0,768
4/2015	10,441	9,859	...	6,36
5/2015	4,392	4,807	...	6,76
6/2015	6,842	4,964	...	8,068
7/2015	3,409	2,381	...	9,101
8/2015	8,984	6,883	...	13,577
9/2015	6,299	4,002	...	14,078
10/2015	4,017	2,662	...	8,981
11/2015	12,422	12,014	...	7,592
12/2015	10,673	9,679	...	1,010

Lampiran 2. Tampilan NOAA

U.S. Department of Commerce | National Oceanic & Atmospheric Administration | NOAA Research

Earth System Research Laboratory
Physical Sciences Division

Physical Sciences Division About Contact Research Data Products News Outreach

Climate Datasets By Category

Sub-study
Daily
Monthly
Surface
Temperature
Sea
Precipitation
Land
Ocean
Multi-level
Refraction
AODC
Reanalysis
Climate Indices
Search Datasets (0)

20th Century Reanalysis
www.noaa.gov/PSD/Datasets

Precipitation Datasets Precipitation Datasets Attributes RSS

PSD Gridded Climate Datasets: Precipitation

Datasets	Description	OPENDAP Catalog	RSS
CMAP Precipitation	Monthly and pentad global gridded precipitation means. It includes a standard and enhanced version (with NCEP Reanalysis) from 1979 to near the present.	Catalog	RSS
CPC 25x25 Daily US Unfilled Precipitation	High resolution gridded precipitation over the US (from station data) for 1948 to 2006 extending to the present for a real-time version.	Catalog	N/A
CPC Hourly Precipitation	NCEP's hourly, gridded US station precipitation from 1948.	Catalog	N/A
GFS Model Output	A dataset of historical weather forecasts generated with a fixed numerical model. Daily forecasts are comprised of a 15 day, 15-member ensemble and include surface and pressure level variables.	N/A	N/A
GHCN version 2 Land Precipitation Dataset	GHCN V2 contains gridded precipitation anomalies calculated from the GHCN version 2 monthly precipitation data set. 2,064 homogenously adjusted precipitation stations were combined with a data set containing 20,390 raw precipitation stations throughout the world onto a 72x36 (5deg/5deg) global grid.	Catalog	N/A
Global Precipitation Climatology Centre (GPCP)	GPCP Global Precipitation Climatology Centre monthly precipitation dataset from 1901-present is calculated from global station data.	Catalog	RSS
GPCP V2.2 Precipitation	Global Precipitation Climatology Project monthly precipitation dataset from 1979-present combines observations and satellite precipitation data into 2.5°x2.5° global grids.	Catalog	RSS
20th Century Reanalysis	20th daily CONUS near-surface gridded (meteorological and derived) hydro-meteorological data.	Catalog	N/A

Lampiran 3. Script konversi tipe file .nc menjadi .txt

```
'c'
'set t 1 last'
'set lon 0 360'
'set lat -89.5 89.5'

say 'awal bujur'   ='
pull awalbujur
say 'akhir bujur'  ='
pull akhirbujur
say 'perbedaan bujur' ='
pull bedabujur

say 'awal lintang'   ='
pull awallintang
say 'akhir lintang'  ='
pull akhirlintang
say 'perbedaan lintang' ='
pull bedalintang
```

Lampiran 3. *Script* konversi type file .nc menjadi .txt (Lanjutan)

```

iterbujur=((akhirbujur-awalbujur)/bedabujur)+1
iterlintang=((akhirlintang-awallintang)/bedalintang)+1

j=1
say 'titik bujur yang akan digunakan'
while(j<=iterbujur)
bujur.j=awalbujur+((j-1)*bedabujur)
say bujur.j
j=j+1
endwhile

k=1
say 'titik lintang yang akan digunakan'
while(k<=iterlintang)
lintang.k = awallintang+((k-1)*bedalintang)
say lintang.k
k=k+1
endwhile

l=1
while(l<=iterlintang)
say 'lintang ke ' l
'c'
i=1
while(i<=iterbujur)
'set lat 'lintang.l
'set lon 'bujur.i
'fprintf precip
D://curah1//data_lintang_'lintang.l'_bujur_'bujur.i'.txt %g 1'
i=i+1
endwhile
l=l+1
endwhile

```

Lampiran 4. Tampilan Aplikasi GrADS

```

See file COPYRIGHT for more information

Config: v2.9.a9.oga.1 little-endian readline printin griB2 netcdf hdf4-sds hdf5
pendap-grids stn athena geotiff shapefile
Issue '% config' command for more detailed configuration information
Loading User Defined Extensions table </cygdrive/c/OPENGR~1/Contents/Cygwin/Ver
ions/20A90G~1.1/i686/gex/udxt> ... ok.
Landscape mode? (<'n' for portrait>): 1
GX Package Initialization: Size = 11 8.5
Cygwin warning:
  MS-DOS style path detected: \Users\dini\.Xauthority
  Preferred POSIX equivalent is: /cygdrive/c/Users/dini/.Xauthority
  CYGWIN environment variable option "nodosfilewarning" turns off this warning.
  Consult the user's guide for more details about POSIX paths:
    http://cygwin.com/cygwin-ug-net/using.html#using-pathnames
Command line history in \Users\dini/.grads.log
ga-> sdfopen "D:\STATISTIKA\semester 8\Bismillah Tugas Akhir\syntax\>
Scanning self-describing file: "D:\STATISTIKA\semester
Error: nc_open failed to open file "D:\STATISTIKA\semester
No such file or directory
sdfdf: Couldn't ingest SDF metadata.
ga-> sdfopen D:\geo.nc
Scanning self-describing file: D:\geo.nc
SDF file D:\geo.nc is open as file 1
LON set to 80 180
LAT set to -20 20
LEU set to 0 0
Time values set: 1981:9:1:0 1981:9:1:0
E set to 1 1
ga-> q file
File 1:
  Descriptor: D:\geo.nc
  Binary: D:\geo.nc
  Type = Gridded
  Xsize = 41  Ysize = 17  Zsize = 1  Tsize = 4148  Esize = 1
  Number of Variables = 1
    z 0 t.y.x Geopotential
KKA\semester 8\Bismillah Tugas Akhir\syntax\1)grads\grad_geo.gs"
Unknown command: "D:\STATISTIKA\semester
ga-> D:\grad_geo.gs
awal bujur =
30
akhir bujur =
180
perbedaan bujur =
2.5
awal lintang =
-20
akhir lintang =
20
perbedaan lintang =
2.5

```

Lampiran 5. *Script* untuk Menggabungkan .txt menjadi .csv

```

setwd("D://curah1")
filelist = list.files(pattern = ".*.txt", full.names=TRUE)
myfunction <- function(x)
{
  data <- readLines(x)
  split_content = strsplit(data, split = " ")
  data2 <- unlist(split_content)
  data3 <- as.numeric(data2)
}
#datalist = lapply(filelist, function(x)readLines(x))
datalist = lapply(filelist, myfunction)
datafr = do.call("rbind", datalist)
datafr=t(datafr)
tgl=read.table('D://tanggal.txt')
datafr1=cbind(tgl,datafr)

setwd("D://Sintax TA")
write.table(datafr1,"lengkap.csv",sep=";",row.names=FALSE)
write.table(filelist,"list_lengkap.csv",sep=";",col.names=TRUE,
row.names=FALSE)

#lengkap -> data gabungan #list_lengkap -> keterangan
koordinat

```

Lampiran 6. *Script* Mengkonfersi data curah hujan kedalam Indeks Kekeringan (SPI)

```

bulan=rep(c(1:12),times=68)
tahun=rep(c(1948:2015),each = 12)
precip = cbind(tahun,bulan,datafr1[1:816,2:ncol(datafr1)])

matrix.spi=matrix(0,816,869)
matrix.spi[,1:2]=cbind(tahun,bulan)

for (i in 1:867)
{
  data.trans=data.frame(matrix(0,12,69))
  colnames(data.trans)=c("Bulan",c(1948:2015))
  for (j in 1:68)
  {
    data.trans[,j+1]=precip[(((j-1)*12)+1):(j*12),i+2]
  }
  data.trans[,1]=c(1:12)

write.table(data.trans,file="data_trans.txt",quote=FALSE,row.names=TRUE)
hasil.spi=spi(3,"data_trans.txt",1948,2015)

for (j in 1:68)
{
  matrix.spi[(((j-1)*12)+1):(j*12),i+2]=t(hasil.spi[j,2:13])
}
}
matrix.spi=data.frame(matrix.spi)
colnames(matrix.spi)=c("Tahun","Bulan",c(1:867))

```

Lampiran 7. Script Dekomposisi dan Rekonstruksi Wavelet

```

# Lets first write a function for Wavelet decomposition as in formula (2.4):
mo <-function(t,trans=0,omega=6,j=0){
  dial <- 2*2^(j*.125)
  sqrt((1/dial))*pi^(-1/4)*exp(1i*omega*((t-trans)/dial))*exp(-((t-
trans)/dial)^2/2)
}

spi=read.csv("D://Sintax TA/myspi.csv",sep="," ,header=T)
data=spi[,4:ncol(spi)]

rec_result=matrix(0,nrow=nrow(data),ncol=ncol(data))
for (loop in 1:ncol(data))
{
  y <- data[,loop]
  y.m <- mean(y)
  y.madj <- y-y.m
  J <- 110
  wt <- matrix(rep(NA,(length(y.madj))*(J+1)),ncol=(J+1))
  # Wavelet decomposition:
  for(j in 0:J){
    for(k in 1:length(y.madj)){
      wt[k,j+1] <- mo(t=1:(length(y.madj)),j=j,trans=k)%*%y.madj
    }
  }
  #Extract the real part for the reconstruction:
  wt.r <- Re(wt)
  # Reconstruct as in formula (2.5):
  dial <- 2*2^(0:J*.125)
  rec <- rep(NA,(length(y.madj)))
  for(l in 1:(length(y.madj))){
    rec[l] <- 0.2144548*sum(wt.r[l,]/sqrt(dial))
  }
  rec <- rec+y.m
  rec_result[,loop]=rec
}
write.table(rec_result,"D://Sintax TA/transform_wavelet.csv",sep="," )

```

Lampiran 8. *Script Fuzzy Time Series*

```

hasil_akhir=zeros(828,450);
for loop_data=1:450
data=myspi(:,loop_data);
anggota=[];
for loop=1:12
data=transpose(data);
ndata = length(data);
bb =-3;
ba =3;
interval=0.125;
jarak=0.25;
nmember = 47;
r = linspace(bb,ba,nmember+1);

countU= 47;

U=[];
U(1,1)=bb;
for n=1:countU-1
    U(n,2)=U(n,1)+jarak;
    U(n+1,1)=U(n)+interval;
    U(n,3)=n;
    U(n,4)=(U(n,1)+U(n,2))/2;
end

Utop=ba;
U(countU,1)=Utop-interval;
U(countU,2)=Utop;
U(countU,3)=countU;
U(countU,4)=(U(countU,1)+U(countU,2))/2;

```

Lampiran 8. Script Fuzzy Time Series (Lanjutan)

```

v_member = zeros(nmember,1);
for j = 1:ndata
    x = data(1,j);
    for i = 1:(nmember-1)
        A(i,:)=[r(1,i) r(1,i+1) r(1,i+2)];
        if x > A(i,1) && x < A(i,3)
            if x > A(i,1) && x < A(i,2)
                v_member(i,1) = (x-
A(i,1))/(A(i,2)-A(i,1));
            elseif x > A(i,2) && x < A(i,3)
                v_member(i,1) = (A(i,3)-
x)/(A(i,3)-A(i,2));
            else
                v_member(i,1) = 1;
            end
        else
            v_member(i,1) = 0;
        end
    end
    v_member(:,j)=v_member(:,1);
    if x < bb || x > ba
        out = inf;
    else
        %[B v_member]
        [membership_value, member] =
max(v_member);
        out = member;
    end
    anggota(j,:) = out;
    v_anggota(j,:) = membership_value;
end

hasil = [data' anggota];
%hasil = [data' anggota v_anggota]

```

Lampiran 8. Script Fuzzy Time Series (Lanjutan)

```

fuz=[data' anggota];
fuz(1,3)=fuz(1,2);
fuz(1,4)=fuz(1,2);
for n=2:ndata
    fuz(n,3)=fuz(n-1,2);
    fuz(n,4)=fuz(n,2);
end

%Membentuk Matrik probabilitas
temp=zeros(countU, countU);
for n=2:ndata

temp(fuz(n,3),fuz(n,4))=temp(fuz(n,3),fuz(n,4))+1;
end

% Menghitung Nilai peramalan
forecast_table=[];
forecast_table(:,1)=U(:,3);
for n=1:countU
    if sum(temp(n,:))<1
        y=forecast_table(n,1);
        forecast_table(n,2)=U(y,4);
    elseif sum(temp(n,:)) >=1
        x = temp(n,:);
        z = U(:,4);
        forecast_table(n,2)=
((x(1:countU)*z)/sum(temp(n,:)));
    end;
end;

```

Lampiran 8. Script Fuzzy Time Series (Lanjutan)

```

% Mendapatkan nilai hasil permalan
% Hasil forecast
forecast=[];
forecast(:,1)=fuz(:,2);
forecast(1,2)=data(1,1);
for m = 2:size(forecast(:,1),1)
    for n = 1:size(forecast_table,1)

if(forecast_table(n,1)==(forecast(m-1,1)))

forecast(m,2)=forecast_table(n,2);
    end;
    end;
    end;
    temp=data';
    data=zeros(ndata+1,1);
    data(1:ndata)=temp;
    F_besok=forecast(ndata,1);

data(ndata+1)=forecast_table(find(forecast_table(:,1)==F_besok),2);
end;
hasil_akhir(:,loop_data)=[forecast(:,2);data(ndata+1)];
end;
xlswrite('D://hasil_dini2.xlsx',hasil_akhir)

```

Lampiran 9. Hasil Prakiraan Bulan Januari 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Hasil Ramalan
1	-1	100	0,179
2	-1	101	0,423
3	-1	102	0,005
4	-1	103	-0,335
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	0,721
52	-2	109	0,202
...
101	-3	120	0,265
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-1,151
152	-4	132	-0,286
...
201	-6	113	0,602
202	-6	117	0,941
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,828
...
301	0	101	0,293
302	0	102	0,156
...
351	1	126	-0,884
352	1	127	-0,792
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	0,047
...
446	6	123	-0,836
447	6	124	-0,444
448	6	125	0,271
449	6	126	-0,585
450	6	99	-0,982

Lampiran 10. Hasil Prakiraan Bulan Februari 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Februari
1	-1	100	-0,111
2	-1	101	-0,077
3	-1	102	-0,168
4	-1	103	-0,140
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	0,486
52	-2	109	-0,327
...
101	-3	120	0,171
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	0,151
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,290
202	-6	117	0,803
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,752
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,545
...
351	1	126	0,367
352	1	127	-1,281
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,108
...
446	6	123	-1,150
447	6	124	-0,261
448	6	125	-0,046
449	6	126	-0,233
450	6	99	-0,702

Lampiran 11. Hasil Prakiraan Bulan Maret 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Februari
1	-1	100	-0,111
2	-1	101	-0,077
3	-1	102	-0,168
4	-1	103	-0,141
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	0,486
52	-2	109	-0,327
...
101	-3	120	0,171
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	0,151
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,290
202	-6	117	0,803
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,752
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,545
...
351	1	126	0,367
352	1	127	-1,281
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,108
...
446	6	123	-1,150
447	6	124	-0,261
448	6	125	-0,046
449	6	126	-0,233
450	6	99	-0,702

Lampiran 12. Hasil Prakiraan Bulan April 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	April
1	-1	100	-0,021
2	-1	101	-0,237
3	-1	102	-0,108
4	-1	103	-0,116
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	0,161
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-0,416
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,290
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,75
252	-8	114	0,828
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,298
...
351	1	126	0,090
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	-0,354
447	6	124	-0,262
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,116
450	6	99	-0,330

Lampiran 13. Hasil Prakiraan Bulan Mei 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Mei
1	-1	100	-0,110
2	-1	101	0,096
3	-1	102	0,135
4	-1	103	-0,212
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	-0,014
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-0,403
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,579
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,752
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,358
...
351	1	126	0,156
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	0,030
447	6	124	0,134
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,413
450	6	99	-0,363

Lampiran 14. Hasil Prakiraan Bulan Juni 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Juni
1	-1	100	0,219
2	-1	101	0,169
3	-1	102	-0,108
4	-1	103	-0,116
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	0,161
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-0,403
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,290
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,601
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,346
...
351	1	126	0,156
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	-0,125
447	6	124	-0,262
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,412
450	6	99	-0,363

Lampiran 15. Hasil Prakiraan Bulan Juli 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Juli
1	-1	100	-0,021
2	-1	101	0,169
3	-1	102	0,135
4	-1	103	-0,212
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	-0,014
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-0,403
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,579
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,828
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,346
...
351	1	126	0,156
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	0,6625
447	6	124	0,134
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,412
450	6	99	-0,363

Lampiran 16. Hasil Prakiraan Bulan Agustus 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Agustus
1	-1	100	-0,110
2	-1	101	0,169
3	-1	102	-0,108
4	-1	103	-0,116
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	0,161
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-0,403
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,290
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,752
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,346
...
351	1	126	0,156
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	0,118
447	6	124	-0,262
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,412
450	6	99	-0,363

Lampiran 17. Hasil Prakiraan Bulan September 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	September
1	-1	100	0,219
2	-1	101	0,169
3	-1	102	0,135
4	-1	103	-0,212
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	-0,014
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-0,403
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,579
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,601
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,346
...
351	1	126	0,156
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	0,228
447	6	124	0,134
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,412
450	6	99	-0,363

Lampiran 18. Hasil Prakiraan Bulan Oktober 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Oktober
1	-1	100	-0,021
2	-1	101	0,169
3	-1	102	-0,108
4	-1	103	-0,116
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	0,162
102	-3	121	-0,014
...
151	-4	131	-0,403
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,290
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,828
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,346
...
351	1	126	0,156
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	0,141
447	6	124	-0,2625
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,412
450	6	99	-0,363

Lampiran 19. Hasil Prakiraan Bulan Nopember 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Nopember
1	-1	100	-0,110
2	-1	101	0,169
3	-1	102	0,135
4	-1	103	-0,212
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	-0,014
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-0,403
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,579
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,752
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,346
...
351	1	126	0,156
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	0,228
447	6	124	0,134
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,412
450	6	99	-0,363

Lampiran 20. Hasil Prakiraan Bulan Desember 2016

Grid Ke-	Latitude	Longitude	Desember
1	-1	100	0,219
2	-1	101	0,169
3	-1	102	-0,108
4	-1	103	-0,116
5	-1	104	-0,242
...
51	-2	108	-0,159
52	-2	109	-0,368
...
101	-3	120	0,161
102	-3	121	-0,013
...
151	-4	131	-0,403
152	-4	132	-0,225
...
201	-6	113	0,290
202	-6	117	0,774
...
251	-8	113	0,750
252	-8	114	0,601
...
301	0	101	0,284
302	0	102	-0,346
...
351	1	126	0,156
352	1	127	-0,513
...
401	3	99	-0,051
402	4	100	-0,101
...
446	6	123	0,141
447	6	124	-0,262
448	6	125	-0,014
449	6	126	-0,412
450	6	99	-0,363

Lampiran 21. Ketepatan Klasifikasi Bojonegoro

No	SPI	Kategori	SPI Ramalan	Kategori	Keterangan
1	0,764	7	0,736	7	1
2	0,355	6	0,548	7	0
3	0,674	7	0,691	7	1
4	-0,282	6	0,430	6	1
5	0,000	6	-0,201	6	1
6	-0,508	6	-0,258	6	1
7	-0,210	6	-0,503	6	1
8	-1,382	3	-0,201	6	0
9	-0,967	4	-1,104	4	1
10	-1,220	4	-0,800	5	0
...
810	-1,382	3	-0,252	6	0
811	-2,200	2	-1,104	4	0
812	-2,200	2	-1,869	2	1
813	-2,200	2	-1,869	2	1
814	-2,200	2	-1,869	2	1
815	-0,508	6	-1,869	2	0
816	0,282	6	-0,503	6	1
Jumlah					334
Ketepatan Klasifikasi					0,4093

Lampiran 22. Ketepatan Klasifikasi Sorong

No	SPI	Kategori	SPI Ramalan	Kategori	Keterangan
1	-0,862	5	-0,814	5	1
2	0,967	8	-0,725	5	0
3	0,070	6	0,401	6	1
4	0,140	6	-0,014	6	1
5	0,862	7	-0,014	6	0
6	0,765	7	0,401	6	0
7	0,589	7	0,656	7	1
8	0,674	7	0,432	6	0
9	0,210	6	0,432	6	1
10	-0,070	6	-0,257	6	1
...	
810	1,593	9	-0,014	6	0
811	-1,085	4	-0,188	6	0
812	-1,383	3	-0,305	6	0
813	-2,200	2	-0,406	6	0
814	-1,221	4	-1,125	4	1
815	-1,221	4	-0,747	5	0
816	-1,085	4	-0,747	5	0
Jumlah					284
Ketepatan Klasifikasi					0,3480

Lampiran 22. Surat Pernyataan**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Jurusan Statistika FMIPA ITS:

Nama : Dinni Ari Rizky Taufanie

NRP : 1312100017

menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/Thesis ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian/buku/Tugas Akhir/Thesis/publikasi lainnya yaitu:

Sumber : *National Center for Environmental Prediction*
- NOAA pada website
<http://www.esrl.noaa.gov>

Keterangan : Data tahun 1948-2015

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

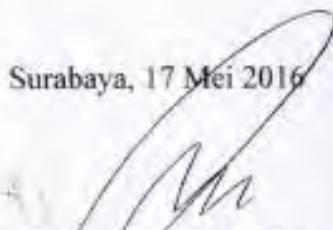
Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

Surabaya, 17 Mei 2016



(Dr. rer. pol. Heri K., S.Si, M.Si)
NIP. 19820326 200312 1 004



(Dinni Ari Rizky T)
NRP, 1312100017

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Curah Hujan Indonesia	59
Lampiran 2 Tampilan NOAA	60
Lampiran 3 <i>Script</i> konversi type file .nc menjadi .txt.....	61
Lampiran 4 Tampilan Aplikasi GrADS.....	62
Lampiran 5 <i>Script</i> untuk Menggabungkan .txt menjadi .csv. 63	63
Lampiran 6 <i>Script</i> Mengkonfersi data curah hujan kedalam Indeks Kekeringan (SPI)	64
Lampiran 7 <i>Script</i> Dekomposisi dan Rekonstruksi Wavelet. 65	65
Lampiran 8 <i>Script</i> Fuzzy Time Series	66
Lampiran 9 Hasil Prakiraan Bulan Januari 2016	70
Lampiran 10 Hasil Prakiraan Bulan Februari 2016.....	71
Lampiran 11 Hasil Prakiraan Bulan Maret 2016.....	72
Lampiran 12 Hasil Prakiraan Bulan April 2016	73
Lampiran 13 Hasil Prakiraan Bulan Mei 2016	74
Lampiran 14 Hasil Prakiraan Bulan Juni 2016.....	75
Lampiran 15 Hasil Prakiraan Bulan Juli 2016.....	76
Lampiran 16 Hasil Prakiraan Bulan Agustus 2016	77
Lampiran 17 Hasil Prakiraan Bulan September 2016	78
Lampiran 18 Hasil Prakiraan Bulan Oktober 2016	79
Lampiran 19 Hasil Prakiraan Bulan Nopember 2016.....	80
Lampiran 20 Hasil Prakiraan Bulan Desember 2016	81
Lampiran 21 Ketepatan Klasifikasi Bojonegoro	82
Lampiran 22 Ketepatan Klasifikasi Sorong.....	83
Lampiran 23 Surat Pernyataan	84

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa di wilayah Indonesia pada tahun 2016 diperkirakan mengalami *savere drought* pada bulan Januari di daerah 8°LS 139°BT yaitu di daerah sekitar Okaba, Merauke. Daerah Papua dan Kalimantan merupakan daerah yang rawan kekeringan selama tahun 2016. Daerah Halmahera diperkirakan menjadi daerah rawan kekeringan hanya pada triwulan pertama. Sulawesi Utara diperkirakan menjadi daerah rawan kekeringan pada triwulan pertama dan ketiga, Sedangkan Riau pada triwulan pertama, kedua dan Ketiga. Sumatera utara pada awal tahun diperkirakan sebagai daerah yang mendekati normal namun pada triwulan kedua, ketiga dan keempat diperkirakan menjadi daerah rawan kekeringan.

5.2 Saran

Saran yang diberikan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan peramalan dengan memasukan efek spasial sehingga mendapatkan hasil perkiraan yang lebih baik.
2. Menggunakan bentuk relasi yang lain.
3. Pemerintah diharapkan melakukan antisipasi dampak kekeringan untuk daerah-daerah yang telah diperkirakan menjadi daerah rawan kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, E. S. (2014). *Tinjaun Metode Deteksi Parameter Kekeringan Berbasis Data Penginderaan Jauh*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Amberkahi, T., Anggraeni, T. K., Pribadi, Y. H., Mardanis, D., Febryanti, D., & Kusairi. (2014). *Buku Informasi Peta Kekeringan dengan Metope SPI Eds April 2014*. Stasiun Klimatologi Pondok Betung.
- As-Syukur, A. R. (2007). Identifikasi Hubungan Fluktuasi Nilai SOI Terhadap Curah Hujan Bulanan di Kawasan Batukaru-Bedugul Bali. *Journal of Bumi Lestari*, 7, 123-129.
- Balai Hidrologi. (2003). *Permasalahan Kekeringan dan Cara Mengatasinya*. Puslitbang Sidoarjo.
- BAPPENAS. (2014). *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim*. Jakarta.
- BMKG. (2015). *Buletin BMKG*. Stasun Klimatologi Pondok Belitung.
- BMKG. (2016). *Update Prakiraan Musim Kemarau*. Jakarta.
- Daubechies, I. (1990). The Wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis. *Journal of IEEE Transactions on Information Theory*. 36, 961-1004
- Drought Management Centre for Southeastern Europe. (2010) *Implementation of Standardized Precipitation Index-SPI*. Serbia.

- Guttman, N., B. (1999). Accepting The Standardized Precipitation Index : A Calculation Algorithm. *Journal of The American Water Resources Association*. 35. 311-322.
- Hansun, S., & Subanar. (2011). A New Approach of Fuzzy-Wavelet Method's Implementation in Time Series Analysis. *Jurnal IJCCS*. 5, 69-75.
- Indrabayu, Nadjumddin, H., Pallu, M. S., Achmad, A., & Febriyati, F. (2012). Prediksi Curah Hujan dengan Fuzzy Logic. *Jurnal Teknik Elektro*. 6.
- Iqbal, M. (2009). *Dasar Pengolahan Citra Menggunakan Matlab*. Institut Pertanian Bogor.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Lusia, D., A., & Suhartono. (2011). *Peramalan Inflasi dengan Metode Weighted Fuzzy Time series*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- McKee, T.B., Doesken, N. J., & Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*.
- National Drought Mitigation Center. (2015). *What is Darought*. USA.
- Nguyen, H.T & Wu, B. (2006). *Fundamental of Statistics with Fuzzy Data*, StudFuzz. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ozger, M., Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2011). Long Lead Time Drought Forecasting Using a Wavelet and Fuzzy

- Logic Combination Model : A Case Study in Texas. *Journal of Hydrometeorology*, 13, 284-295.
- Percival, D. B., & Walden, A. T. (2000). *Wavelet Methods for Time Series Analysis*. Cambridge University Press. New York.
- Soentoro, E., A., Levina & Adidarma, W., K. (2015) Kajian Koefisien Koreksi Indeks Kekeringan Menggunakan Basis Data Satelit TRMM dan Hujan Lapangan. *Jurnal Teknik Sipil*, 22, 137-146.
- Song, Q., & Chisso, B.S. (1993). Fuzzy Time Series and Its Model. *Fuzzy Sets and System*, 54, 269-277.
- Suratno, (2011), *Pengaruh Perbedaan Tipe Fungsi Keanggotaan Pada Pengendali Logika Fuzzy Terhadap Waktu Sistem Orde Dua Secara Umum*. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Turyanti, A. (1995). Sebaran Indeks Kekeringan Wilayah Jawa Barat. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Utami, D., Hadiani, R., & Susilowati. (2013). Prediksi Kekeringan berdasarkan Standardized Precipitation Index (SPI) pada Daerah Aliran Sungai Kedung di Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Matrik Teknik Sipil*. 221-226.
- Wilhite, D.A., & Knutson, C.L. (2007). Drought Management Planning : Conditions for Success. *Joufnal of Options Mediterraneennes*, A, 141-148.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Dinni Ari Rizky Taufanie yang biasa dipanggil Dinni lahir di Blitar, 4 Januari 1994. Penulis adalah anak pertama dari tiga bersaudara oleh pasangan Bambang Sugeng dan Miftah Qurohmah. Pendidikan yang telah diselesaikan adalah di TK Al Hidayah, SDN Kendalrejo II (2000-2006), SMP Negeri 3 Blitar (2006-2009), dan SMA Negeri 1 Blitar (2009-2012). Setelah lulus dari SMA penulis diterima di Jurusan Statistika ITS dengan NRP 1312100017. Penulis aktif mengikuti Organisasi kampus yaitu menjadi staff Kementerian Perekonomian BEM-ITS periode 2013-2014 dan Assiten Dirjen Kementrian Perekonomian BEM-ITS periode 2014-2015. Selain itu, penulis juga menjadi pemandu LKMM di ITS. Organisasi diluar kampus yang diikuti penulis adalah staff *Public Relation* Paguyuban KSE periode 2013-2014, Sekertaris Paguyuban KSE periode 2014-2015 dan Sekertaris Public Relation Paguyuban KSE periode 2015-2016, penulis aktif di paguyuban KSE karena merupakan salah satu Beswan KSE. Pelatihan yang pernah diikuti penulis selain pelatihan yang ada di ITS, adalah Indofood Leadership Camp I-V untuk mahasiswa terpilih dari seluruh Indonesia. Penulis juga mengikuti komunitas yaitu Srikandi Project dan Komunitas Receh Indonesia. Pengalaman berkesan lainnya adalah menjalani program *internship* di PT Indofood CBP Sukses Makmur, Tbk serta menjadi asisten dosen pada mata kuliah Statistika Non Parametrik dan Analisis Multivariat. Pengalaman tersebut memberikan pelajaran bagi penulis untuk mengetahui bagaimana kondisi dunia