

DEMAND FORECASTING PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK (KWH)
MENGGUNAKAN FUZZY TIME SERIES CHENG
(Studi Kasus di PT PLN Area Yogyakarta)

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh:
Arif Rohmad Prayogi
14 611 195

PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018

DEMAND FORECASTING PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK (KWH)
MENGGUNAKAN FUZZY TIME SERIES CHENG
(Studi Kasus di PT PLN Area Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan
Statistika



Disusun Oleh:

Arif Rohmad Prayogi

14 611 195

PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2018

**HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**

Judul : *Demand Forecasting* Penggunaan Energi Listrik (KWH)
Menggunakan *Fuzzy Time Series Cheng* (Studi Kasus di PT
PLN Area Yogyakarta)

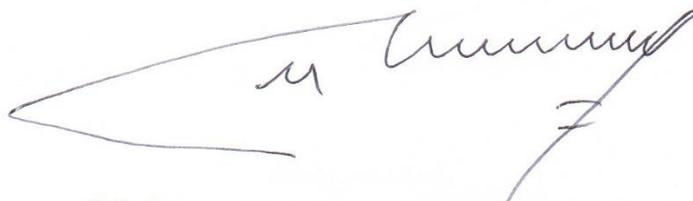
Nama Mahasiswa : Arif Rohmad Prayogi

Nomor Mahasiswa: 14 611 195

**TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI UNTUK
DIUJIKAN**

Yogyakarta, Mei 2018

Pembimbing



(Muhammad Muhajir, S.Si., M.Sc.)

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

**DEMAND FORECASTING PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK (KWH)
MENGUNAKAN FUZZY TIME SERIES CHENG
(Studi Kasus di PT PLN Area Yogyakarta)**

Nama Mahasiswa : Arif Rohmad Prayogi

Nomor Mahasiswa : 14 611 195

TUGAS AKHIR INI TELAH DIUJIKAN
PADA TANGGAL 25 MEI 2018

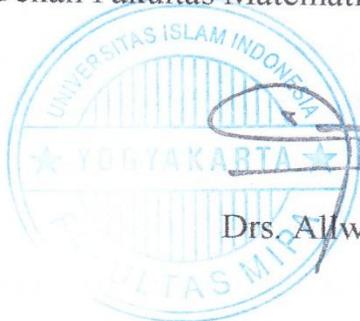
Nama Penguji

Tanda Tangan

1. Annisa Uswatun Khasanah, S.T.,
M.Sc.
2. Tuti Purwaningsih, S.Stat., M.Si.
3. Muhammad Muhajir, S.Si., M.Sc.

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Allwar M.Sc., Ph.D

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil alamin, Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya selama melaksanakan Tugas Akhir sehingga dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tercurah kepada Nabi Muhammad Shollallaahu ‘alaihi wa sallam beserta keluarga dan para pengikut-pengikutnya. Tugas Akhir yang berjudul “*Demand Forecasting Penggunaan Energi Listrik (Kwh) Menggunakan Fuzzy Time Series Cheng (Studi Kasus di PT PLN Area Yogyakarta)*” ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Statistika di Universitas Islam Indonesia. Selama menulis Tugas Akhir, penulis telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis bermaksud menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Allwar, M.Sc, Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta beserta seluruh jajarannya.
2. Bapak Dr. RB. Fajriya Hakim, S.Si, M.Si, selaku Ketua Program Studi Statistika beserta seluruh jajarannya.
3. Bapak Muhammad Muhajir, S.Si., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing penulis yang sangat berjasa dan sangat sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Dosen-dosen Statistika Universitas Islam Indonesia yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis serta selalu menginspirasi.
5. Ayah, Ibu, dan Adik saya yang selalu memberikan support.
6. Teman-teman satu bimbingan Tugas Akhir (bimbingan Bapak Muhajir) yang selalu berbagi ilmu dan berbagi informasi.
7. Keluarga rumah sewa ku, Hendri, Kresna, Iqbal, dan semuanya yang selalu memotivasi saya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Teman-teman GGS Bayu, Panji, Ari, Jimmy, Duhan, dan semuanya.

9. Teman-teman KKN unit 419 Desa Sekaran, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah, Rizky Karunia, Muhammad Rizky, Aidil Fitriansyah, Anes, Aidha, Nadia, Winda, dan Fety, suka dan duka yang telah dilalui bersama tidak akan pernah terlupakan.
10. Teman-teman Statistika 2014 (XIX) yang sudah banyak memberikan semangat dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Sahabat-sahabatku “Grup Ngaji apa Ngaji” yang selalu mengingatkan dalam kebaikan, semoga kita dipertemukan di JannahNya.
12. Semua teman-teman yang selalu bertanya “sidang kapan?” semoga dengan ini kalian mendapatkan jawaban apa yang kalian tanyakan.
13. Jodohku yang selalu mendoakan aku dimanapun kamu berada.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun selalu penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi semua yang membutuhkan. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, Aamiin aamiin ya robbal’alamin.

Wassalaamu’alaikum, Wr.Wb

Yogyakarta, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
PERNYATAAN.....	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Jenis Penelitian dan Metode	4
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	8
3.1. Pengertian Energi Listrik	8
3.2. Pengertian <i>Forecasting</i>	9
3.3. Analisis Runtun Waktu	9
3.4. Jenis Data Berdasarkan Waktu.....	12
3.5. Logika Fuzzy.....	13
3.6. Fuzzifikasi	14
3.7. Defuzzifikasi	14
3.8. Fuzzy Time Series	15
3.8.1. Fuzzy Time Series Menurut Song dan Chissom.....	15
3.8.2. Fuzzy Time Series Menurut Chen	16
3.8.3. Fuzzy Time Series Menurut Cheng	19

3.9.	Akurasi Peramalan	24
BAB IV	METODOLOGI PENEITIAN	26
4.1.	Populasi dan Sampel Penelitian	26
4.2.	Jenis dan Sumber Data	26
4.3.	Variabel Penelitian	26
4.4.	Metode Analisis Data	26
4.5.	Tahapan Penelitian	26
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
5.1.	Analisis Deskriptif Statistik	28
5.2.	Hasil Fuzzy Time Series Orde Satu	29
5.2.1.	Pembentukan Himpunan Semesta.....	29
5.2.2.	Pembentukan Panjang Interval	30
5.2.3.	Fuzzifikasi Pemakaian KWH.....	33
5.2.4.	<i>Fuzzy Logic Relationship</i> dan <i>FLR Group</i>	33
5.2.5.	Pembobotan.....	35
5.2.6.	Prediksi Cheng Orde Satu	36
5.3.	Hasil FTS Cheng Orde Dua	38
5.3.1.	<i>Fuzzy Logic Relationship</i> dan <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i>	39
5.3.2.	Pembobotan Orde Dua	40
5.3.3.	Prediksi Cheng Orde Dua	41
5.4.	Hasil FTS Cheng Orde Tiga.....	43
5.4.1.	<i>Fuzzy Logic Relationship</i> dan <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i>	43
5.4.2.	Prediksi Cheng Orde Tiga.....	45
5.5.	Hasil FTS Cheng Orde Empat.....	46
5.5.1.	<i>Fuzzy Logic Relationship</i> dan <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i>	46
5.5.2.	Prediksi Cheng Orde Empat.....	47
5.6.	Pemilihan Model	48
5.6.1.	Perbandingan Akurasi Nilai Kesalahan <i>FTS</i> Cheng	48
5.7.	Prediksi Pemakaian KWH.....	50
5.8.	Validasi Metode <i>Forecast</i>	51
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	53
6.1	Kesimpulan.....	53

6.2	Saran.....	53
------------	-------------------	-----------

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1	Frekuensi Kepadatan Data Penggunaan KWH	31
2	Interval <i>Fuzzy</i> dengan Kepadatan Frekuensi	32
3	Fuzzifikasi data aktual	33
4	Hasil <i>Fuzzy Logic Relationships</i>	34
5	Tabel FLRG orde satu	35
6	Pembobotan FLRG orde satu	36
7	<i>Forecasting</i> orde satu	37
8	Hasil Prediksi orde satu	38
9	FLR Orde Dua	39
10	FLRG Orde Dua	39
11	FLRG Cheng orde dua	41
12	Prediksi orde dua	42
13	Hasil Prediksi orde dua	42
14	<i>FLR</i> Orde Tiga	43
15	FLRG Orde Tiga	44
16	Prediksi orde tiga	45
17	Hasil Prediksi orde tiga	46
18	<i>FLR</i> Orde Empat	47
19	Prediksi orde empat	47
20	Hasil prediksi orde empat	48
21	Nilai <i>Error</i> Model	49
22	Fuzzifikasi peramalan	50
23	Tabel validasi <i>error</i> model	52

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1	Pola data Horizontal	10
2	Pola data Seasonal	11
3	Pola data Siklis	11
4	Pola data Trend	12
5	Diagram alir penelitian	27
6	Grafik Batang Pemakaian Energi Listrik (KWH)	28
7	Grafik hasil peramalan	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul
1	Penentuan Panjang Kelas
2	Batas baru menggunakan distribusi frekuensi kepadatan
3	FLRG Orde Satu
4	Hasil FLR dan Defuzzifikasi Orde Satu
5	Hasil FLR dan Defuzzifikasi Orde Dua
6	FLRG Orde Dua
7	Hasil FLR dan Defuzzifikasi Orde Tiga
8	FLRG Orde Tiga
9	Panjang Interval Cheng tanpa distribusi frekuensi kepadatan
10	Kelas Interval
11	Cheng orde dua terbaik (tanpa distribusi frekuensi kepadatan)
12	FLRG Cheng orde dua (tanpa distribusi frekuensi kepadatan)
13	Hasil Holt DES
14	Hasil ARIMA
15	Skrip FTS Markov Chain
16	Hasil FTS Markov Chain
17	Hasil FTS Cheng Orde Empat

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang sebelumnya pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan daftar pustaka.

Yogyakarta, Mei 2018



Penulis

**DEMAND FORECASTING PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK (KWH)
MENGUNAKAN FUZZY TIME SERIES CHENG
(Studi Kasus di PT PLN Area Yogyakarta)**

Arif Rohmad Prayogi
Program Studi Statistika Fakultas MIPA
Universitas Islam Indonesia

INTISARI

Listrik sudah menjadi bagian penting bagi kehidupan masyarakat. Bahkan menurut Wakil Presiden Yusuf Kalla pada tahun 2016, listrik dikatakan sudah menjadi kebutuhan primer keempat setelah sandang, pangan, dan papan. Ini berarti jika listrik tiada, maka kehidupan manusia akan terhambat. Yogyakarta merupakan daerah yang relatif kecil jika dibandingkan dengan provinsi-provinsi sekitarnya, namun sangat padat akan bangunan dan manusia. Mengingat bahwa Yogyakarta merupakan Kota Pelajar, maka di sana terdapat banyak kampus, kos, dan banyak mahasiswa yang berasal dari dalam maupun luar daerah. Semakin majunya teknologi dan banyaknya masyarakat yang menggunakan alat-alat elektronik, maka menyebabkan semakin banyaknya energi listrik yang terpakai. Oleh karena itu, PLN harus selalu siap sedia dalam menyediakan kapasitas energi listrik agar kebutuhan masyarakat akan energi listrik selalu terpenuhi. Berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan prediksi atau *forecasting* penggunaan energi listrik di Yogyakarta pada periode ke depan untuk mengetahui seberapa besar prakiraan energi listrik yang akan digunakan oleh pelanggan atau masyarakat. Hasil dari penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai masukan kepada PLN dalam menyediakan energi listrik pada periode ke depan. Peneliti menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng dalam penelitian ini, karena *FTS* Cheng dapat diaplikasikan pada sembarang data *real time* termasuk data pemakaian energi listrik. Hasilnya adalah *FTS* Cheng terbaik dengan orde tiga menghasilkan ukuran *error MAPE* sebesar 0.91%, *MAE* sebesar 4.876.970, dan *RMSE* sebesar 6.286.263. Hasil dari prediksi pemakaian energi listrik pada satu periode ke depan adalah sebesar 671.998.538 KWH.

Kata Kunci : Energi listrik, *Forecasting*, *Fuzzy Time Series*, Cheng, KWH, prediksi

DEMAND FORECASTING USAGE OF ELECTRIC ENERGY (KWH) USING FUZZY TIME SERIES CHENG

(Case Study at PT PLN Area Yogyakarta)

Arif Rohmad Prayogi

Departement of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

Islamic University of Indonesia

ABSTRACT

Electricity has become an important part of people's lives. Even according to Vice President Yusuf Kalla in 2016, electricity is said to have become the fourth primary need after clothing, food, and boards. This means if the electricity is gone, then human life will be hampered. Yogyakarta is a relatively small area compared to the surrounding provinces, but is very dense with buildings and people. Given that Yogyakarta is a Student City, then there are many campuses and many students who come from within and outside the region. The more advanced technology and the number of people who use electronic devices, it causes more and more electrical energy used. Therefore, PLN must always be ready in providing electrical energy capacity so that people's need for electric energy is always fulfilled. Based on this, the researcher predicts or forecasting the use of electric energy in Yogyakarta in the next period to find out how much the electrical energy forecasts will be used by customers or the public. The results of the research can be used as input to PLN in providing electrical energy in the period ahead. Researchers use the Fuzzy Time Series Cheng method in this study, because FTS Cheng can be applied to any real time data including electrical energy consumption data. The result is the best FTS Cheng with the third order resulting in a MAPE error size of 0.91%, MAE of 4,876,970, and RMSE of 6.286.263. The result of the prediction of electric energy consumption in one future period is 671,998,538 KWH

Key Words : *Electrical energy, Forecasting, Fuzzy Time Series, Cheng, KWH, prediction*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Teknologi telah berkembang sangat pesat hingga sekarang. Dulu banyak daerah-daerah terpencil yang tidak terjamah oleh teknologi, sekarang banyak daerah yang sudah dapat merasakan juga teknologi informasi yang beredar saat ini. Dulu manusia telah mengenal yang namanya teknologi. Namun tentunya teknologi dahulu jauh berbeda dengan teknologi yang saat ini. Contohnya saja mesin tik, dulunya mesin ini digunakan orang-orang untuk membuat dokumen. Namun karena adanya teknologi, sehingga memaksa mesin tik untuk menyudahi jamannya dan digantikan dengan adanya komputer yang lebih efisien (Kliktekno, 2014). Selain mesin tik juga masih banyak lagi alat-alat yang sudah berkembang dan banyak menggunakan energi listrik.

Wakil Presiden Republik Indonesia menegaskan pentingnya listrik bagi kehidupan manusia sekarang ini. Bahkan, listrik sudah menjadi kebutuhan primer keempat setelah sandang, pangan, dan papan (Viva, 2016). Listrik memang sudah menjadi kebutuhan sehari-hari dalam kehidupan manusia pada zaman sekarang. Apapun yang masyarakat lakukan sekarang sudah banyak menggunakan listrik baik dalam hal pekerjaan kantor, perdagangan, kedai kopi, maupun kegiatan lainnya. Dalam kebutuhan sehari-hari, jika tidak adanya energi listrik sepertinya sudah hampir tidak mungkin. Salah satu dampak jika listrik padam yaitu banyak pekerjaan di perkantoran ataupun dalam hal pendidikan yang tertunda akibat padamnya listrik, padahal jaman yang serba canggih ini pasti banyak perkantoran dunia pendidikan yang sudah menggunakan alat elektronik seperti komputer/laptop dan jaringan internet (Steemit, 2017).

Bertambahnya pemakaian energi listrik tidak dapat dipungkiri seiring dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat. Semakin berkembangnya teknologi, maka kebutuhan energi listrik juga akan semakin meningkat. Selain perkembangan

teknologi informasi, pertumbuhan ekonomi juga disinyalir sebagai salah satu faktor penjualan listrik semakin meningkat. Pengembangan pembangunan pembangkit listrik disesuaikan dengan pertumbuhan ekonomi (Kontan, 2017). Dilansir dari situs CNN Indonesia, dikatakan dari salah satu narasumber bahwa secara rata-rata pertumbuhan penjualan listrik mengikuti pertumbuhan ekonomi (Gumelar, 2017). Menurut berita dari situs CNN Indonesia juga, sekarang telah dikembangkan sebuah teknologi baru yaitu Motor Listrik Gesits yang berbahan bakar listrik. Menyikapi hal tersebut, pihak PT PLN tengah menyiapkan 479 titik pom untuk motor listrik. Maka hal ini akan menyebabkan pemakaian energi listrik semakin bertambah (Ikhsan, 2018).

Di Provinsi Yogyakarta sendiri, pemakaian listrik juga tidak sedikit. Mengingat bahwa Yogyakarta merupakan Kota Pelajar dengan jumlah mahasiswa dan kampus (baik kampus negeri maupun kampus swasta) yang sangat banyak jumlahnya. Menurut situs *website* Kuliah Jogja, banyaknya kampus baik dari universitas, institut, akademi, politeknik, dan lain-lain, tercatat sebanyak 137 kampus aktif yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta (Kuliahjogja, 2017). Banyaknya kampus mengharuskan banyaknya rumah tinggal sewa (kos) untuk menampung mahasiswa baik dari dalam maupun luar daerah. Belum lagi, banyak mahasiswa sekarang mempunyai lebih dari satu *gadget*, baik itu berupa *handphone*, *laptop*, *PC*, dan lain-lain. Tentu dengan pemakaian alat-alat tersebut dengan jumlah mahasiswa dan masyarakat yang sangat banyak, juga akan menimbulkan pemakaian energi listrik yang sangat besar.

Pada tahun 2016, Humas PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Area Jogja Paulus Kardiman mengatakan bahwa ketersediaan energi listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta masih sangat cukup (Harianjogja, 2016). Meskipun dikatakan bahwa persediaan listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta masih dikatakan cukup, tetapi penggunaan energi listrik tetap perlu dikontrol. Salah satu bentuk kontrol dari penggunaan energi listrik adalah dengan melihat *KWH* meteran listrik (Jogjatv, 2017). *KWH* atau *kilo wat per hour* inilah yang dibutuhkan atau dibeli oleh masyarakat untuk kelangsungan penggunaan listrik di kehidupan sehari-hari.

Sebanyak 304.000 rumah tangga mampu dari 354.000 pelanggan golongan R1 atau 900 VA di Wilayah Yogyakarta telah dikenai penyesuaian tarif per 1 Januari 2017 (Starjogja, 2017). Rencana kenaikan tarif listrik Rp 11 per kilowatt-jam (kWh) dinilai memberatkan. Apalagi jika yang berlangganan listrik negara itu adalah rumah sakit. Dikhawatirkan akan terjadi lonjakan pengeluaran yang luar biasa tinggi. Contohnya, Rumah Sakit Umum Pusat Sardjito Yogyakarta. Rata-rata per bulan harus mengeluarkan biaya sebesar Rp 1,1 miliar untuk membayar setrum. Sebab, rata-rata rumah sakit itu menggunakan 1,5 juta kWh per bulan (Tempo, 2016). Berdasarkan data dari PLN Area Yogyakarta, rayon Yogyakarta Utara merupakan rayon yang mempunyai jumlah pemakaian energi listrik terbanyak dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, yaitu sebesar 4.784.335.002 KWH. Selanjutnya disusul oleh rayon Yogyakarta Selatan dan rayon Sleman dengan besar pemakaian energi listrik terbanyak sebesar 3.588.649.208 KWH dan 3.214.451.801 KWH (PLN, 2016).

Semakin meningkatnya penggunaan KWH tersebut, perencanaan prediksi penyediaan kapasitas KWH dinilai sangat diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya *unbalanced* antara *supply* dan *demand* dari ketersediaan KWH di PT PLN Area Yogyakarta dan juga agar kebutuhan masyarakat akan listrik bisa selalu terpenuhi. Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti ingin melakukan *forecasting* atau prediksi dari pemakaian KWH di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan data lampau penjualan KWH di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Fuzzy time series merupakan salah satu metode *soft computing* yang telah digunakan dan diterapkan dalam analisis data runtun waktu. Tujuan utama dari *fuzzy time series* adalah untuk memprediksi data runtun waktu. *Fuzzy time series* mempunyai kelebihan yaitu dapat digunakan secara luas pada sembarang data *real time* (Hansun, 2012). *Fuzzy Time Series* pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada Tahun 1993. *Fuzzy Time Series* adalah metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip fuzzy sebagai dasarnya.

Berdasarkan hal tersebut, peneliti ingin melakukan prediksi menggunakan salah satu metode dalam *Fuzzy Time Series (FTS)* yaitu *FTS Cheng*, dimana *FTS Cheng* mempertimbangkan adanya relasi *fuzzy* yang sama sebagai bobotnya dan dengan

menggunakan perbandingan beberapa orde. Model *Fuzzy Time Series Cheng* dengan orde yang mempunyai ukuran *error* atau kebaikan model berdasarkan *error* yang kecil merupakan model yang baik untuk dijadikan sebagai model dalam memprediksi jumlah pemakaian KWH pada periode yang akan datang.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini. Berikut adalah rumusan masalah pada penelitian ini.

1. Bagaimana analisis deskriptif dari pemakaian KWH di Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan data runtun waktu yang tersedia?
2. Bagaimana hasil prediksi dari pemakaian KWH di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan agar tidak terjadi penyimpangan dalam penelitian, maka dari itu batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Ruang lingkup penelitian ini adalah area Yogyakarta yang sudah mencakup semua rayon di Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Data yang peneliti gunakan adalah data triwulan pemakaian atau pemakaian KWH di area Yogyakarta dari tahun 2007 sampai tahun 2016, yang terdiri dari 40 data triwulan.
3. Alat analisis yang peneliti gunakan adalah analisis deskriptif statistik dan *forecasting* dengan metode *Fuzzy Time Series Cheng* dari data runtun waktu.
4. Pada penggunaan FTS Cheng pada penelitian ini hanya menggunakan empat orde.
5. Data di penelitian ini diolah menggunakan *software R* dan *Excel*.

1.4. Jenis Penelitian dan Metode

Jenis penelitian tugas akhir yang peneliti pilih adalah penelitian yang bersifat aplikatif. Peneliti mencoba untuk memprediksi pemakaian KWH menggunakan

salah satu metode dalam Statistika, yaitu *forecasting*. Jenis *forecasting* yang peneliti gunakan adalah *Fuzzy Time Series* Cheng dengan menggunakan empat orde dalam perhitungan prediksinya. Gambaran hasil yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pemakaian KWH pada beberapa periode ke depan sebagai bentuk strategi dan antisipasi adanya *unbalanced* antara *supply* dan *demand* dari ketersediaan KWH di PT PLN Area Yogyakarta.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui bagaimana hasil dari analisis deskriptif dari data pemakaian KWH di Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan data lampau yang tersedia.
2. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui seberapa besar hasil *forecasting* atau prediksi pemakaian KWH di DIY pada periode mendatang dengan metode *Fuzzy Time Series* Cheng.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi penulis, penelitian ini bermanfaat sebagai bentuk pengaplikasian analisis statistika dalam dunia kerja.
2. Bagi instansi atau perusahaan terkait, penelitian ini dapat bermanfaat sebagai salah satu dasar pertimbangan untuk membuat strategi maupun kebijakan tentang pembangkitan jumlah pemakaian energi listrik PT PLN (Persero) Area Yogyakarta di periode yang akan datang dan juga sebagai startegi dalam antisipasi terjadinya *unbalanced* antara *supply* dan *demand* pemakaian KWH di Daerah Istimewa Yogyakarta.
3. Bagi kalangan akademisi, penelitian ini dapat dijadikan sebagai wawasan baru dalam membuat karya ilmiah atau untuk dikembangkan dalam penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Terdapat beberapa tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya yang peneliti gunakan dalam penelitian ini. Sumartini, dkk (2017) melakukan penelitian mengenai peramalan menggunakan metode *fuzzy time series* Cheng pada studi kasus dengan data IHSG. Penelitian tersebut menggunakan data IHSG bulan Januari tahun 2011 sampai bulan September 2016. Pada penelitian tersebut menggunakan Cheng dengan orde satu. Pada penentuan panjang interval, penelitian tersebut menghasilkan *range* sebesar 2.109,49. Pada penentuan interval kelas, penelitian tersebut menggunakan rumus Struges yang menghasilkan interval kelas sebanyak tujuh interval kelas. Dari hasil penentuan banyaknya kelas dengan rumus Struges tersebut, peneliti mengembangkan lagi banyaknya kelas dengan menggunakan pembagian frekuensi kepadatan. Oleh karena itu, dihasilkan sebanyak 21 kelas dari himpunan semesta. Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan Sumartini, dkk, model dengan Chen tersebut menghasilkan nilai kesalahan absolut (*MAPE*) sebesar 2,56% dan nilai ketepatan peramalan sebesar 97,44%. Hasil peramalan menggunakan metode FTS Cheng pada data IHSG untuk bulan Oktober 2016 adalah sebesar 5.367,98 poin.

Tauryawati dan Isa (2014), melakukan penelitian *time series* dengan membandingkan metode *Fuzzy Time Series* Cheng dan metode Box-Jenkins untuk memprediksi IHSG. Pada metode *Fuzzy Time Series* Cheng, peneliti menggunakan sepuluh interval linguistik dan menggunakan orde sama dengan satu. Dari hasil *Fuzzy Time Series* Cheng tersebut, peneliti menapatkan hasil ukuran *error* berupa *MAE* sebesar 92,9806, ukuran error *MSE* sebesar 1.214,7, dan ukuran *error MAPE* sebesar 2,17%. Sedangkan metode Box-Jenkins untuk ARIMA (19,1,7) diperoleh nilai *MAE* sebesar 868,87, *MSE* sebesar 78.146, dan *MAPE* sebesar 20,1827. Dan pada peramalan jangka pendek dan jangka panjang didapatkan bahwa metode *fuzzy times series* Cheng memiliki ukuran kesalahan yang lebih kecil dari metode Box-

Jenkins maka pada penelitian tersebut, disimpulkan bahwa metode *fuzzy times series* Cheng adalah metode yang lebih baik untuk memprediksi IHSG daripada metode Box-Jenkins.

Brata (2016) melakukan penelitian mengenai penerapan *fuzzy time series* Cheng pada data seasonal. Peneliti tersebut menerapkan pembobotan pada data musiman mengenai penghasilan dalam jangka waktu perbulan (omset) dari Koperasi Mahasiswa Padang Bulan Universitas Islam Negrei Maulana Malik Ibrahim pada tahun 2010 sampai 2016. Pada penelitian tersebut, peneliti menggunakan rumus Struges untuk menentukan jumlah interval. Dalam metode Cheng pada penelitian tersebut, peneliti menerapkan FTS orde tinggi, yaitu orde dua, orde tiga, dan orde empat. Dalam memilih model dengan orde terbaik, peneliti menggunakan tiga ukuran kebaikan model, yaitu *MSD*, *MAD*, dan *MAPE*. Hasil dari penelitian tersebut adalah bahwa FTS Cheng dengan orde tiga adalah model terbaik dengan *MSD*, *MAD*, dan *MAPE* paling kecil, yaitu 998.645.388, 20.940, dan 15,87%.

Fadhillah, dkk (2017) melakukan penelitian mengenai perbandingan model Chen dan model Cheng pada algoritma *fuzzy time series* untuk prediksi harga bahan pokok. Pada penelitian tersebut, sistem prediksi harga bahan pokok menggunakan *Fuzzy Time Series* pada model Chen dan model Cheng dapat memberikan hasil prediksi harga cabai menggunakan model Chen dengan hasil *MAPE* 18,25% dan model Cheng dengan hasil *MAPE* 10,46%. Pada harga bawang merah menggunakan model Chen dengan hasil *MAPE* 10,52% dan model Cheng dengan hasil *MAPE* 6,99%. Pada harga beras menggunakan model Chen dengan hasil *MAPE* 6,30% dan model Cheng dengan hasil *MAPE* 2,67%. Berdasarkan hasil tersebut, model Cheng dinilai lebih baik untuk meramalkan harga bahan pokok.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pengertian Energi Listrik

Listrik merupakan salah satu energi yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan tidak dapat dipisahkan. Hal ini disebabkan karena hampir sebagian kebutuhan manusia yang berupa peralatan menggunakan listrik sebagai energinya. Misalnya saja kipas angin, TV, *charger handphone* maupun *gadget* lainnya, mesin cuci, dan bahkan komputer. Secara garis besar, energi listrik bisa diartikan sebagai energi yang berasal dari muatan listrik yang menyebabkan medan listrik statis atau gerakan elektron dalam konduktor atau ion dalam zat cair atau gas. Energi listrik merupakan energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik. Listrik mempunyai satuan *ampere* yang dilambangkan dengan A dan tegangan listrik dengan satuan *volt* yang dilambangkan dengan V dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik *Watt* yang dilambangkan dengan W. Listrik bisa dikonversikan menjadi energi lain untuk menunjang aktivitas manusia seperti menggerakkan motor, lampu penerangan, dan juga untuk memanaskan suatu benda. Energi yang dihasilkan dapat berasal dari berbagai sumber seperti air, minyak, batu bara, panas bumi dan panas matahari. Semua energi ini besarnya mulai dari satuan *Joule* hingga jutaan *Joule*. Salah satu contoh sumber energi listrik adalah angin. Angin bisa digunakan untuk menghasilkan listrik, namun untuk menghasilkan listrik harus ada turbin sebagai penggerakannya. Kincir angin adalah media yang digunakan jika angin sebagai sumber energi utamanya. Semakin kencang anginya, maka daya listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga angin ini sudah banyak diaplikasikan di berbagai Negara maju seperti di Eropa. (Benergi, 2016).

Terdapat beberapa contoh sumber energi listrik selain angin seperti yang sudah disebutkan. Terlepas dari besar atau kecilnya tegangan dari energi listrik yang dihasilkan, terdapat beberapa alat yang dapat menghasilkan sumber energi listrik.

Perusahaan Listrik Negara (PLN) juga merupakan salah satu pusat sumber energi listrik yang banyak digunakan oleh masyarakat, melalui pembangkit listrik seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Hery, 2015).

3.2. Pengertian *Forecasting*

Forecasting (prediksi) merupakan proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang mungkin terjadi dimasa yang akan datang berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki agar kesalahannya dapat diperkecil (Riduwan, 2010). Peramalan tidak menghasilkan suatu kepastian melainkan suatu kemungkinan yang memiliki galat sehingga dapat memberikan kontribusi dalam menentukan keputusan yang terbaik. Sedangkan menurut Heizer dan Render (2001), peramalan merupakan proses memprediksi sesuatu dimasa depan menggunakan data dari masa lalu dan memproyeksikannya ke masa depan dengan menggunakan beberapa bentuk model matematis.

Berdasarkan bentuk datanya, peramalan dibagi menjadi dua yaitu peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif. Peramalan kualitatif adalah peramalan yang dilakukan menggunakan data kategorik dari masa lalu. Peramalan kuantitatif adalah peramalan yang dilakukan menggunakan bentuk data numerik dengan asumsi bahwa beberapa aspek pola pada masa lalu terus berlanjut di masa yang akan datang (Martiningtyas, 2004).

3.3. Analisis Runtun Waktu

Analisis runtun waktu pertama kali diperkenalkan dan dikembangkan pada tahun 1970 oleh Box dan Jenkins. Runtun waktu adalah himpunan observasi terurut dalam waktu atau dalam dimensi lain. Waktu antara dua observasi yang berurutan biasanya adalah konstan atau tidak dapat dilakukan akumulasi terhadap observasi untuk suatu periode waktu yang digunakan tidak benar-benar konstan misalnya bulan kalender. Menurut sejarah nilai observasinya, runtun waktu dibedakan menjadi dua yaitu runtun waktu deterministik dan runtun waktu stokastik. Runtun waktu deterministik adalah suatu runtun waktu dimana keadaan yang akan datang

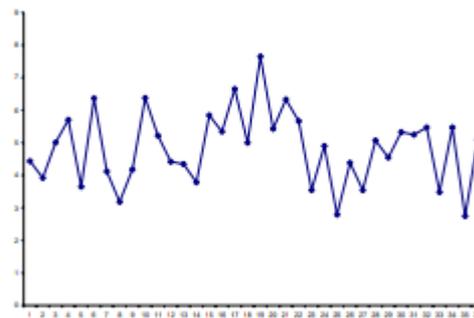
dapat diramalakan secara pasti dan tidak perlu penyelidikan kembali. Runtun waktu stokastik adalah suatu runtun waktu dimana keadaan yang akan datang bersifat probabilistik, menurut observasi yang di masa lampau (Soejoeti, 1987).

Data *time series* yaitu data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu untuk melihat perkembangan suatu kegiatan (misal perkembangan penjualan, harga dan lain sebagainya), apabila data digambarkan akan menunjukkan fluktuasi dan dapat digunakan untuk dasar penarikan trend yang dapat digunakan untuk dasar peramalan yang berguna untuk dasar perencanaan dan penarikan kesimpulan (Supranto, 2001).

Ketika sebuah deret waktu disajikan ke dalam bentuk plot, maka akan tergambarkan sebuah pola-pola tertentu dari data deret waktu. Menurut Makridakis dan Wheelwright (1999), pola data *time series* dapat dibedakan menjadi empat jenis.

1. Pola Horizontal

Pola horizontal terjadi ketika nilai dari suatu data mengalami fluktuasi di daerah nilai rata-rata konstan (rata-rata stasioner). Misal suatu produk yang nilai penjualannya tidak mengalami peningkatan atau penurunan dalam waktu tertentu.



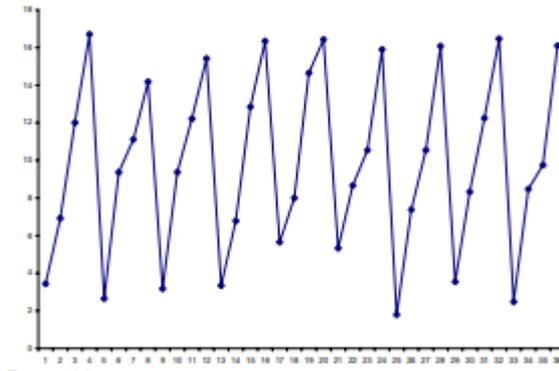
Gambar 3.1 Pola data Horizontal

(Makridakis, dkk, 1995)

2. Pola Musiman (*Seasonal*)

Pola musiman terjadi ketika suatu deret dari data dipengaruhi oleh faktor musiman yang ditunjukkan oleh adanya pola yang teratur yang bersifat

musiman. Misal data penjualan produk yang dicatat secara tahunan, bulanan, atau harian.

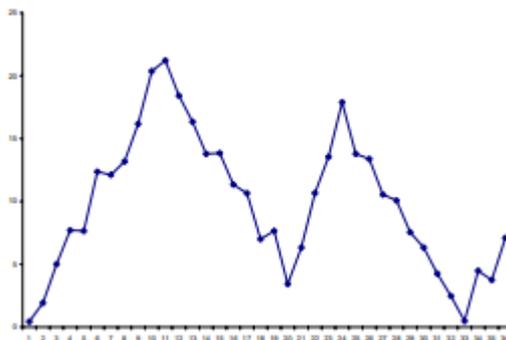


Gambar 3.2 Pola data Seasonal

(Makridakis, dkk, 1995)

3. Pola Siklis

Pola siklis terjadi apabila pola data deret waktu mengalami fluktuasi ekonomi jangka panjang berhubungan dengan siklus bisnis. Misal penjualan produk seperti mobil dan peralatan utama lainnya. Pengaruh siklis sulit diprediksi karena pengaruhnya berulang tetapi tidak periodik. Pola ini masih terus dikembangkan dan diteliti lebih lanjut pemodelannya sehingga dapat diperoleh hasil yang tepat.



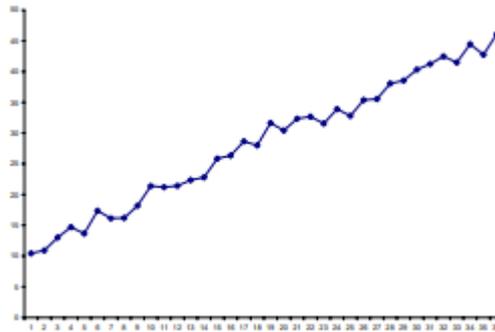
Gambar 3.3 Pola data Siklis

(Makridakis, dkk, 1995)

4. Pola Trend

Pola trend terjadi apabila pola data mengalami kenaikan atau penurunan, pola data seperti ini bervariasi tak beraturan. Misal penjualan banyak perusahaan, produk bruto nasional (GNP) dan berbagai indikator sektor

ekonomi atau bisnis lainnya mengikuti suatu pola trend selama perubahan sepanjang waktu. Pola perkembangan data ini membentuk karakteristik yang mendekati garis linier. Gradien yang naik atau turun menunjukkan peningkatan atau pengurangan nilai data sesuai dengan waktu.



Gambar 3.4 Pola data Trend

(Makridakis, dkk, 1995)

3.4. Jenis Data Berdasarkan Waktu

Statistika adalah ilmu yang mempelajari tentang data. Beberapa jenis data menurut waktu dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut (Rosadi, 2006).

1. Data *cross-section*, adalah jenis data yang dikumpulkan untuk jumlah variabel pada suatu titik waktu tertentu. Model yang digunakan untuk memodelkan tipe ini adalah model regresi.
2. *Time Series* (Runtun waktu) data yakni jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu. Jika waktu dipandang bersifat diskrit (waktu dapat dimodelkan bersifat kontinu), frekuensi pengumpulan selalu sama (*equidistant*). Dalam kasus diskrit, frekuensi dapat berupa misalnya detik, menit, jam, hari, minggu, bulan atau tahun. Model yang digunakan adalah model-model *time series*, yang menjadi fokus dari perkuliahan ini.
3. Panel/*Pooled* data, yakni tipe data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu pada sejumlah individu/kategori. Model yang digunakan untuk pemodelan data tipe ini seperti model data panel, model runtun waktu multivariat. Secara ekuivalen, dikenal juga tipe data

Longitudinal, dengan frekuensi data tidak harus *equidistant*, namun analisa fokusnya berbeda dengan model panel.

3.5. Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan komponen pembentuk *soft computing*. Hal utama dari *fuzzy logic* adalah teori himpunan fuzzy. Himpunan fuzzy merupakan kelas objek dengan rangkaian nilai keanggotaan. Himpunan tersebut ditandai dengan fungsi keanggotaan yang diberikan kepada setiap objek dengan nilai berkisar antara nol dan satu. Notasi yang digunakan antara *lain inclusion, union, intersection*, komplemen, relasi, berbagai sifat dari notasi dalam konteks himpunan fuzzy juga diterapkan. Secara khusus, teorema pemisah untuk himpunan fuzzy adalah memberikan pemisah tanpa harus benar-benar memisahkan himpunan fuzzy tersebut (Zadeh, 1965).

Menurut Susilo (2006), Logika fuzzy pertama kali dikembangkan oleh Lotfi Azker Zadeh melalui tulisannya pada tahun 1965 tentang teori himpunan fuzzy. Himpunan *fuzzy* adalah konsep yang mendasari lahirnya logika *fuzzy*. Zadeh memperluas teori mengenai himpunan klasik menjadi himpunan *fuzzy* sehingga himpunan klasik merupakan kejadian khusus dari himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang anggotanya memiliki derajat keanggotaan tertentu yang nilainya berada pada selang tertutup $[0,1]$. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami himpunan *fuzzy* (Susilo, 2003), yaitu:

1. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: permintaan, persediaan, produksi.
2. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2013), himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu Linguistik atau penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami. Contoh: muda, parobaya, tua. Sedangkan yang kedua adalah Numerik, yaitu suatu nilai angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel. Contoh: 3, 4, 17.

3. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: $X = [0, 100]$.
4. Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Contoh domain himpunan *fuzzy* untuk semesta $X = [0, 120]$.

Pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1, yang berarti himpunan *fuzzy* dapat mewakili interpretasi tiap nilai berdasarkan pendapat atau keputusan probabilitasnya. Nilai 0 menunjukkan salah dan nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah, dengan kata lain kebenaran suatu item tidak hanya benar atau salah (Zadeh, 1965).

3.6. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah tahap pertama dari proses inferensi *fuzzy*. Pada tahap ini data masukan diterima dan sistem menentukan nilai fungsi keanggotaannya serta mengubah variabel numerik (variabel *non fuzzy*) menjadi variabel linguistik (variabel *fuzzy*) (Jang dan Mizutani, 1997). Dengan kata lain, fuzzifikasi merupakan pemetaan *crisp points* (titik–titik numerik) ke gugus *fuzzy* dalam semesta pembicaraan. Sebuah pemagar adalah sebuah operator yang mentransformasikan sebuah kumpulan *fuzzy* ke dalam kumpulan *fuzzy* lainnya yang diintensifkan atau dijarangkan. Fungsi keanggotaan memberi arti atau mendefinisikan ekspresi linguistik menjadi bilangan yang dapat dimanipulasi. Fuzzifikasi memperoleh suatu nilai dan mengkombinasikannya dengan fungsi keanggotaan untuk menghasilkan nilai *fuzzy* (Sibigtroth 1992). Fuzzifikasi merupakan proses penentuan sebuah bilangan input masing–masing gugus *fuzzy* (Viot 1993).

3.7. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah suatu proses yang menggabungkan seluruh *fuzzy output* menjadi sebuah hasil spesifik yang dapat digunakan untuk masing–masing sistem *output* (Jang dan Mizutani, 1997). Penegasan atau defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dalam sebuah sistem kendali logika *fuzzy*, dimana tujuan dari defuzzifikasi adalah untuk menkonversikan setiap hasil dari *inference engine* yang diekspresikan

dalam bentuk *fuzzy set* ke dalam suatu bilangan real. Hasil dari konversi tersebut adalah aksi yang diambil oleh kendali logika *fuzzy*. Oleh karena itu, pemilihan metode defuzzifikasi yang sesuai juga turut memberikan pengaruh pada sistem kendali logika *fuzzy* dalam menghasilkan respon yang optimum (Sutikno, 2012).

3.8. Fuzzy Time Series

Fuzzy time series merupakan suatu metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip fuzzy dasar yang dikembangkan oleh L. Zadeh yang kemudian dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 untuk memecahkan permasalahan pada prediksi pendaftaran mahasiswa baru dengan data *time series*. Kemudian model dari Song dan Chissom dikembangkan lagi oleh Chen dengan memanfaatkan operasi aritmatika untuk memecahkan masalah dengan kasus yang sama. Peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang (Berutu, 2013). *Fuzzy Time Series* (FTS) merupakan metode peramalan data yang menggunakan konsep *fuzzy set* sebagai dasar perhitungannya. Sistem peramalan dengan metode ini bekerja dengan menangkap pola dari data historis kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang. Prosesnya juga tidak membutuhkan suatu sistem pembelajaran dari suatu sistem yang rumit, sebagaimana yang ada pada algoritma genetika dan *neural network* sehingga mudah untuk digunakan dan dikembangkan (Robandi, 2006).

3.8.1. Fuzzy Time Series Menurut Song dan Chissom

Fuzzy Time Series pada awalnya diajukan oleh Song dan Chissom (1993) di dalam sebuah paper untuk memprediksi jumlah penerimaan mahasiswa di Universitas Alabama. Motivasinya untuk memperkenalkan sebuah kerangka *forecasting* yang baru berdasarkan teori *set fuzzy*, untuk masalah model *time series* ketika data histori didefinisikan sebagai nilai linguistik. Berikut merupakan *Fuzzy Time Series* menurut Song dan Chissom pada tahun 1993.

1. Pembentukan himpunan semesta (U)

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \dots\dots\dots (1)$$

dimana D_1 dan D_2 merupakan suatu nilai konstanta.

2. Pembentukan interval

Pada langkah ini, himpunan semesta dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Dalam penentuan jarak interval ini, salah satu cara yang bisa dipakai adalah dengan menggunakan rumus Struges. Beberapa peneliti juga menggunakan rumus Struges untuk menentukan jarak interval, seperti Sumartini, dkk (2017).

$$K = 1 + 3.322 \log(n) \dots\dots\dots (2)$$

dengan n merupakan banyaknya data historis yang digunakan.

Dari hasil tersebut, nantinya akan terbentuk sejumlah nilai linguistik untuk mempresentasikan suatu himpunan fuzzy pada interval-interval yang terbentuk dari himpunan semesta (U).

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_K\} \dots\dots\dots (3)$$

dengan

U : himpunan semesta

u_i : banyak kelas pada U , untuk $i = 1, 2, \dots, K$.

Himpunan *fuzzy* merupakan sebuah kelas atau golongan dari objek dengan sebuah rangkaian kesatuan dari derajat keanggotaan. Misalkan U adalah himpunan semesta, dengan $U = \{u_1, u_2, \dots, u_K\}$ yang mana u_1 adalah nilai yang mungkin dari U , maka variabel linguistik A_i terhadap U dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \frac{\mu_{A_i}(u_3)}{u_3} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_K)}{u_K} \dots\dots\dots (4)$$

μ_{A_i} merupakan fungsi keanggotaan dari *fuzzy set* A_1 , sedemikian hingga $\mu_{A_i} : \rightarrow [0,1]$. Apabila u_i merupakan keanggotaan dari A_i maka $\mu_{A_i}(u_K)$ adalah derajat keanggotaan u_i terhadap A_i .

3.8.2. Fuzzy Time Series Menurut Chen

Berikut merupakan FTS menurut algoritma menurut Chen (1996).

1. Membentuk himpunan semesta atau *universe of discourse* (U)

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \dots\dots\dots (5)$$

dimana

D_{min} : data minimum

D_{max} : data maksimum

D_1 dan D_2 : suatu nilai sembarang yang ditentukan oleh peneliti

2. Pembentukan interval

Pada langkah ini, himpunan semesta dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Dalam penentuan jarak interval ini, salah satu cara yang bisa dipakai adalah dengan menggunakan rumus Struges. Beberapa peneliti juga menggunakan rumus Struges untuk menentukan jarak interval, seperti Sumartini, dkk (2017).

$$K = 1 + 3.322 \log(n) \dots\dots\dots (6)$$

dengan n merupakan banyaknya data historis yang digunakan.

Dari hasil tersebut, nantinya akan terbentuk sejumlah nilai linguistik untuk mempresentasikan suatu himpunan *fuzzy* pada interval-interval yang terbentuk dari himpunan semesta (U).

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_K\} \dots\dots\dots (7)$$

dengan

U : himpunan semesta

u_i : besar jarak pada U , untuk $i = 1, 2, \dots, K$.

3. Mendefinisikan fuzzifikasi

Misalkan A_1, A_2, \dots, A_p merupakan himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, maka pendefinisian himpunan *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_p pada himpunan semesta U adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} A_1 &= \{1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + \dots + 0/u_p\} \\ A_2 &= \{0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 \dots + 0/u_p\} \\ A_3 &= \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 \dots + 0/u_p\} \\ &\vdots \\ A_p &= \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0.5/u_{p-1} + 1/u_p\} \dots\dots (8) \end{aligned}$$

di mana u_j ($j = 1, 2, \dots, p$) adalah elemen dari himpunan semesta (U) dan bilangan yang diberi simbol “/” menyatakan derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_j)$

terhadap A_i ($i = 1, 2, \dots, p$) yang di mana nilainya adalah 0, 0.5 atau 1. Secara kasar himpunan fuzzy dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Jika *universe of discourse* (U) adalah himpunan semesta $U = [u_1, u_2, \dots, u_K]$, maka suatu himpunan fuzzy A_i dari U dengan derajat keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut:

$$A_i = \{\mu_{A_i}(u_1)/u_1 + \dots + \mu_{A_i}(u_p)/u_p\} \dots \dots \dots (9)$$

dimana $\mu_{A_i}(u_j)$ merupakan derajat keanggotaan dari u_j ke A_i dimana $\mu_{A_i}(u_j) \in [0,1]$ dan $1 \leq j \leq p$. Nilai derajat keanggotaan dari $\mu_{A_i}(u_j)$ didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(u_j) = \begin{cases} 1, & \text{jika } i = j \\ 0.5, & \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0, & \text{yang lainnya} \end{cases}$$

Hal tersebut dapat digambarkan dengan aturan sebagai berikut ini.

Aturan 1: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_j , maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan u_{j+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j dan u_{j+1} , berarti dinyatakan nol.

Aturan 2: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_j , $1 \leq i \leq p$ maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, untuk u_{j-1} dan u_{j+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j , u_{j-1} dan u_{j+1} berarti dinyatakan nol.

Aturan 3: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_i , maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan untuk u_{j-1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j dan u_{j-1} berarti dinyatakan nol (Boaisha dan Amaitik, 2010).

4. Membentuk *Fuzzy Logic Relationships (FLR)* dan *Fuzzy Logic Relationships Group (FLRG)*.

Hubungan diidentifikasi berdasarkan hasil dari fuzzifikasi data *time series*. Jika variabel *time series* $F(t - 1)$ merupakan fuzzifikasi sebagai A_k dan $F(t)$ merupakan hasil fuzzifikasi sebagai A_m , maka A_k berhubungan dengan A_m . Hubungan yang seperti ini dinotasikan sebagai $A_k \rightarrow A_m$, dimana A_k merupakan data historis saat sekarang (*current state*) dan A_m merupakan data historis selanjutnya dari waktu sekarang (*next state*).

Misalkan jika FLR yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_3$, maka FLRG yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$.

5. Defuzzifikasi data peramalan

Menurut Chen, ketika hasil fuzzifikasi data dari $F(t - 1)$ adalah A_j , maka hasil *forecasting* dari $F(t)$ ditentukan berdasarkan prinsip-prinsip berikut.

- a. Apabila hasil fuzzifikasi pada tahun ke t adalah A_j dan terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak mempunyai relasi logika *fuzzy*, misal jika $A_j \rightarrow \emptyset$ dimana nilai maksimum fungsi keanggotannya dari A_i berada pada interval u_i dan nilai tengah u_i adalah m_i , maka hasil peramalan F_{t+1} adalah m_i .
- b. Apabila hasil fuzzifikasi pada tahun ke t adalah A_j , dan hanya terdapat satu FLR pada FLRG, misalnya jika $A_i \rightarrow A_j$ di mana A_i dan A_j adalah himpunan *fuzzy* dan nilai maksimum fungsi keanggotaan dari A_j berada pada interval u_j dan nilai tengah dari u_j adalah m_j , maka hasil peramalan F_{t+1} adalah m_j .
- c. Jika terdapat hubungan *one to many* di dalam kelompok hubungan dari A_j , katakanlah $A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n$, dan nilai maksimum fungsi keanggotaan A_1, A_2, \dots, A_n berada pada interval u_1, u_2, \dots, u_n , maka hasil *forecasting* dihitung berdasarkan rata-rata dari *midpoint* m_1, m_2, \dots, m_n dari u_1, u_2, \dots, u_n . Persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\hat{y}_t = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} \dots\dots\dots (10)$$

di mana n adalah banyaknya jumlah nilai tengah (*midpoint*).

3.8.3. Fuzzy Time Series Menurut Cheng

Algoritma Chen mempunyai beberapa kekurangan, yaitu tidak mempertimbangkan adanya pengulangan dan tidak adanya pembobotan (*weighted*) yang semakin kecil pada pengamatan yang semakin lama. Beberapa orang kemudian mencoba memperbaiki algoritma Chen. Menurut Cheng, dkk (2008), perbedaan metode tersebut terdapat pada langkah pembentukan *fuzzy set* dan terdapat bobot pada setiap kelompok relasi *fuzzy*. Tahapan *forecasting* data *time*

series menggunakan *fuzzy time series* terboboti berdasarkan cara Cheng adalah sebagai berikut.

1. Mendefinisikan himpunan semesta kemudian membaginya menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama.

$$U = [D_{min}; D_{max}] \dots\dots\dots (11)$$

dimana D_{min} merupakan data terendah dan D_{max} merupakan data tertinggi.

2. Pembentukan lebar interval

- a. Pada langkah ini, himpunan semesta dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Dalam penentuan jarak interval ini, salah satu cara yang bisa dipakai adalah dengan menggunakan rumus Struges. Beberapa peneliti juga menggunakan rumus Struges untuk menentukan jarak interval, seperti Sumartini, dkk (2017).

$$K = 1 + 3.322 \log(n) \dots\dots\dots (12)$$

dengan n merupakan banyaknya data historis yang digunakan. Dari hasil tersebut, nantinya akan terbentuk sejumlah nilai linguistik untuk mempresentasikan suatu himpunan *fuzzy* pada interval-interval yang terbentuk dari himpunan semesta (U).

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_K\} \dots\dots\dots (13)$$

dengan

U : himpunan semesta

μ_i : besar jarak pada U , untuk $i = 1, 2, \dots, K$.

- b. Menentukan rentang (*range*) dengan rumus sebagai berikut:

$$R = D_{max} - D_{min} \dots\dots\dots (14)$$

di mana R adalah rentang; D_{max} adalah data terbesar; D_{min} adalah data terkecil.

- c. Menentukan besar lebar interval

$$l = \frac{\text{range } (R)}{\text{banyak interval kelas } (K)} \dots\dots\dots (15)$$

- d. Menghitung nilai tengah atau *midpoint*

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \dots\dots\dots (16)$$

dimana i merupakan himpunan *fuzzy*.

Dari hasil tersebut, maka didapatkan partisi dari himpunan semesta sesuai dengan panjang dari interval.

$$\begin{aligned}
 u_1 &= (D_{min}; D_{min} + l) \\
 u_2 &= (D_{min} + l; D_{min} + 2l) \\
 u_3 &= (D_{min} + 2l; D_{min} + 3l) \\
 &\vdots \\
 u_k &= (D_{min} + (k - 1)l; D_{min} + kl) \dots\dots\dots (17)
 \end{aligned}$$

3. Himpunan *fuzzy* dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda, maka pada frekuensi terbanyak pertama dibagi menjadi h interval yang sama. Berikutnya, frekuensi terbanyak kedua dibagi atas $h - 1$ interval yang sama, interval pada frekuensi terbanyak ketiga dibagi menjadi $h - 2$ interval yang sama. Hal ini dilakukan sampai pada interval dengan frekuensi yang tidak dapat dibagi lagi.

4. Mendefinisikan fuzzifikasi

Secara kasar himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Jika *universe of discourse* (U) adalah himpunan semesta $U = [u_1, u_2, \dots, u_p]$, maka suatu himpunan *fuzzy* A_i dari U dengan derajat keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut:

$$A_i = \{ \mu_{A_i}(u_1)/u_1 + \dots + \mu_{A_i}(u_p)/u_p \} \dots\dots\dots (18)$$

dimana $\mu_{A_i}(u_j)$ merupakan derajat keanggotaan dari u_j ke A_i dimana $\mu_{A_i}(u_j) \in [0,1]$ dan $1 \leq j \leq p$ (p merupakan banyak kelas). Nilai derajat keanggotaan dari $\mu_{A_i}(u_j)$ didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(u_j) = \begin{cases} 1 & \text{jika } i = j \\ 0,5 & \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases}$$

Hal tersebut dapat digambarkan dengan aturan sebagai berikut ini.

Aturan 1: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_j , maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan u_{j+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j dan u_{j+1} , berarti dinyatakan nol.

Aturan 2: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_i , $1 \leq i \leq p$ maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, untuk u_{j-1} dan u_{j+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j , u_{i-1} dan u_{i+1} berarti dinyatakan nol.

Aturan 3: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_j , maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan untuk u_{j-1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j dan u_{j-1} berarti dinyatakan nol (Boaisha dan Amaitik, 2010).

Misalkan A_1, A_2, \dots, A_p merupakan himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, pendefinisian himpunan *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_p pada himpunan semesta U adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} A_1 &= \{1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_p\} \\ A_2 &= \{0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_p\} \\ A_3 &= \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + \dots + 0/u_p\} \\ &\vdots \end{aligned}$$

$$A_p = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0.5/u_{p-1} + 1/u_p\} \dots \quad (19)$$

di mana u_j ($i = 1, 2, \dots, p$) adalah elemen dari himpunan semesta (U) dan bilangan yang diberi simbol “/” menyatakan derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_j)$ terhadap A_i ($i = 1, 2, \dots, p$) yang di mana nilainya adalah 0, 0.5 atau 1.

5. Membentuk *Fuzzy Logic Relationships (FLR)* dan *Fuzzy Logic Relationships Group (FLRG)*. Menetapkan relasi *fuzzy logic (FLR)* berdasarkan data historis. Pada data yang telah difuzzifikasi dua himpunan fuzzy yang berurutan $A_i(t-1)$ dan $A_i(t)$ dapat dinyatakan sebagai *FLR* $A_i \rightarrow A_j$. Hubungan diidentifikasi berdasarkan hasil dari fuzzifikasi data *time series*. Jika variabel *time series* $F(t-1)$ merupakan fuzzifikasi sebagai A_k dan $F(t)$ merupakan hasil fuzzifikasi sebagai A_m , maka A_k dengan A_m dapat dinotasikan sebagai $A_k \rightarrow A_m$, dimana A_k merupakan data historis saat sekarang (*current state*) dan A_m merupakan data historis selanjutnya dari waktu sekarang (*next state*). Misalkan jika *FLR* yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_3$, maka *FLRG* yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$.

6. Menetapkan bobot pada kelompok relasi *fuzzy logic* yang sama. Menentukan bobot relasi *FLR* menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)* dengan memasukkan semua hubungan dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan yang sama. *FLR* yang memiliki *current state (Ai)* yang sama digabungkan menjadi satu grup ke dalam bentuk matriks pembobotan. Kemudian mentransfer bobot tersebut ke dalam matriks pembobot yang persamaannya ditulis berikut.

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2p} \\ \vdots & \vdots & w_{ij} & \vdots \\ w_{p1} & w_{p2} & \dots & w_{pp} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (20)$$

dimana W merupakan matriks pembobot dan w_{ij} merupakan bobot matriks pada baris ke- i dan kolom ke- j dengan $i = 1, 2, \dots, p ; j = 1, 2, \dots, p$. Selanjutnya mentransfer bobot *FLRG* ke dalam bentuk matriks pembobot yang telah distandarisasi (W^*) yang mempunyai persamaan seperti berikut.

$$W^* = \begin{bmatrix} w_{11}^* & w_{12}^* & \dots & w_{1p}^* \\ w_{21}^* & w_{22}^* & \dots & w_{2p}^* \\ \vdots & \vdots & w_{ij}^* & \vdots \\ w_{p1}^* & w_{p2}^* & \dots & w_{pp}^* \end{bmatrix} \dots\dots\dots (21)$$

dimana W^* merupakan matriks pembobot terstandarisasi dengan rumus sebagai berikut.

$$w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}} \dots\dots\dots (22)$$

7. Menentukan defuzzifikasi nilai peramalan. Untuk menghasilkan nilai peramalan, matriks pembobot terstandarisasi W^* dikalikan dengan m_i (m_i merupakan nilai tengah pada himpunan *fuzzy*). Sehingga perhitungan peramalannya menjadi:

$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{ip}^*(m_p) \dots\dots\dots(23)$$

dimana F_i adalah hasil peramalan, dengan w_{ip}^* merupakan persamaan 22. Jika hasil dari fuzzifikasi pada periode ke- i adalah A_i , dan A_i tidak mempunyai *FLR* pada *FLRG* atau dapat dituliskan dengan kondisi $A_j \rightarrow \emptyset$, dimana nilai maksimum derajat keanggotaan berada pada u_i , maka nilai dari

prediksi (F_i) adalah nilai tengah u_i , atau dapat didefinisikan dengan m_i (Fahmi dkk, 2013).

3.9. Akurasi Peramalan

Tujuan dari analisis runtun waktu (*time series*) adalah untuk meramalkan nilai masa depan (Wei, 2006). Dalam semua situasi peramalan mengandung derajat ketidakpastian. Kita mengenali fakta ini dengan memasukkan unsur kesalahan (*error*) dalam perumusan sebuah peramalan deret waktu. Sumber penyimpangan dalam peramalan bukan hanya disebabkan oleh unsur *error*, tetapi ketidakmampuan suatu model peramalan mengenali unsur yang lain dalam deret data juga mempengaruhi besarnya penyimpangan dalam peramalan. Jadi besarnya penyimpangan hasil peramalan bisa disebabkan oleh besarnya faktor yang tidak diduga (*outliers*) dimana tidak ada metode peramalan yang mampu menghasilkan peramalan yang akurat, atau bisa juga disebabkan metode peramalan yang digunakan tidak dapat memprediksi dengan tepat komponen trend, komponen musiman, atau komponen siklus yang mungkin terdapat dalam deret data, yang berarti metode yang digunakan tidak tepat (Bowerman dan O'Connell, 1987). Jika terdapat nilai pengamatan dan ramalan untuk n periode waktu, akan terdapat n buah galat dan ukuran statistik standar berikut (Makridakis dan Wheelwright, 1999) yang dapat didefinisikan:

1. Nilai tengah galat absolut (*mean absolute error*)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \dots\dots\dots (24)$$

2. Nilai tengah galat kuadrat (*mean squared error*) dan *Root Mean Squared Error (RMSE)*

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2} \dots\dots\dots (25)$$

3. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

Ada pula ukuran-ukuran ketepatan lain yang sering digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu metode peramalan dalam memodelkan data deret waktu, yaitu nilai *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)*, *MSD (Mean Squared Deviation)*, *MAD (Mean Absolute Deviation)*. *MAPE*

merupakan ukuran ketepatan relatif yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil peramalan, dengan persamaan sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |PE_i| \dots\dots\dots (26)$$

dengan PE_i adalah galat persentase (*percentage error*) dengan rumus sebagai berikut.

$$PE_i = \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (27)$$

dimana Y_t merupakan data aktual atau data asli pada penelitian dan F_t merupakan data hasil prediksi atau data hasil *forecasting*.

BAB IV

METODOLOGI PENEITIAN

4.1. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian ini merupakan seluruh data pemakaian KWH di area Yogyakarta. Sedangkan sampel yang digunakan pada penelitian ini merupakan data pemakaian KWH di area Yogyakarta selama kurun waktu 10 tahun dari tahun 2007 sampai pada tahun 2016.

4.2. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang peneliti gunakan pada penelitian ini merupakan jenis data sekunder. Data yang peneliti gunakan merupakan data sekunder yang didapatkan langsung dari kantor PT PLN Area Yogyakarta. Data pada penelitian ini merupakan data tiga bulanan (triwulan) pemakaian KWH di PT PLN Area Yogyakarta.

4.3. Variabel Penelitian

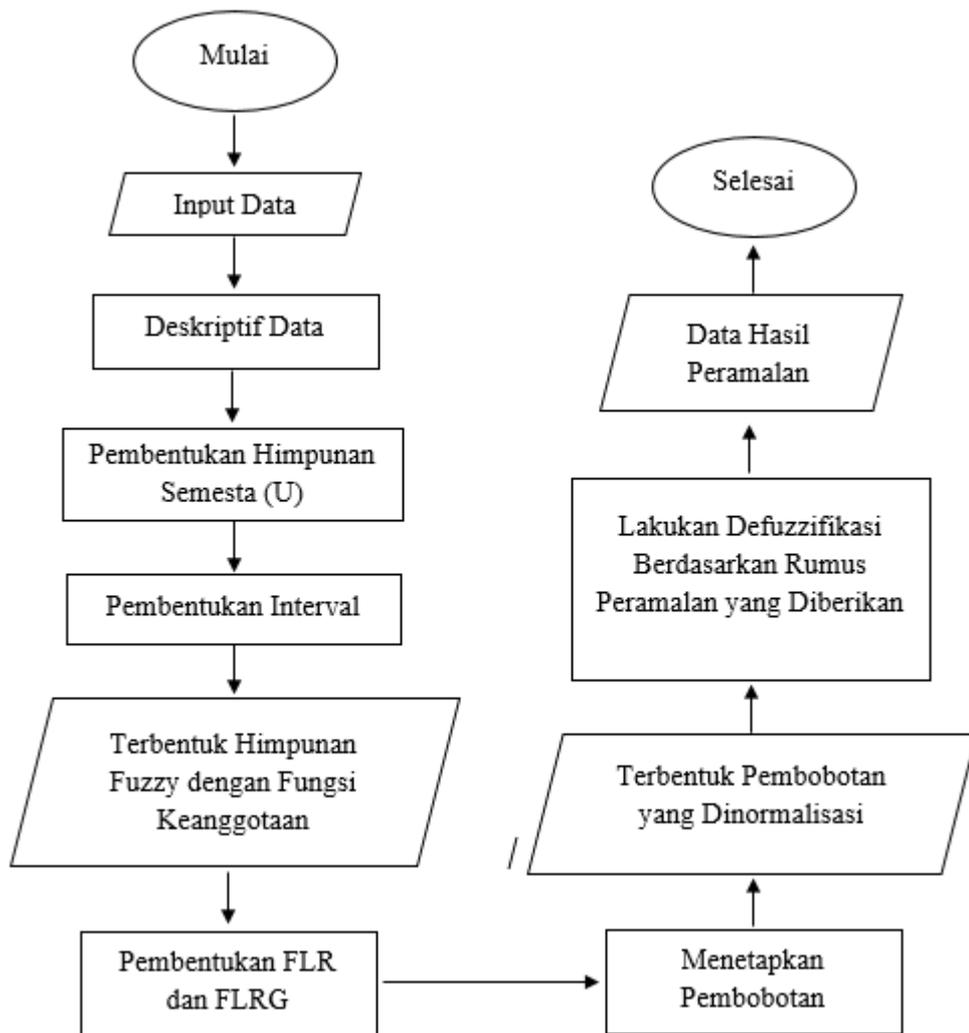
Variabel penelitian yang peneliti gunakan merupakan variabel Pemakaian Energi Listrik (KWH). Data tersebut merupakan data yang menunjukkan besarnya pemakaian enegi listrik dalam satuan KWH dari tahun 2007 sampai pada tahun 2016.

4.4. Metode Analisis Data

Metode analisis data yang peneliti gunakan merupakan metode dengan teknik *forecast*. Peneliti menggunakan pendekatan *Fuzzy Time Series* Cheng dengan menggunakan empat orde untuk mendapatkan model yang terbaik. Metode yang terbaik merupakan metode yang mempunyai nilai ukuran *error* yang kecil diantara empat orde yang peneliti gunakan.

4.5. Tahapan Penelitian

Terdapat beberapa tahapan penelitian mengenai *Fuzzy Time Series* Cheng. Berikut ini merupakan diagram alir tahapan penelitian, dalam mendapatkan hasil prediksi menggunakan *Fuzzy Time Series* Cheng.



Gambar 4.1 Diagram alir penelitian

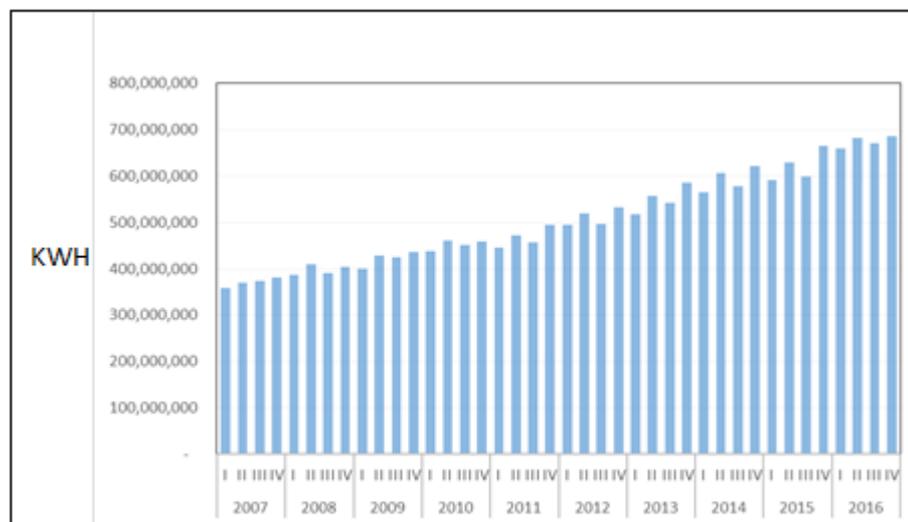
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari analisis statistika deskriptif dan hasil dari peramalan pemakaian KWH di PT PLN Area Yogyakarta menggunakan pendekatan metode *Fuzzy Time Series* Cheng.

5.1. Analisis Deskriptif Statistik

Data yang peneliti gunakan merupakan data triwulan pemakaian KWH di PT PLN Area Yogyakarta dari tahun 2007 sampai pada tahun 2016. Setiap periode satu tahun terdapat empat triwulan, artinya terdapat 40 data data pengamatan yang peneliti gunakan pada penelitian ini.



Gambar 5.1 Grafik Batang Pemakaian Energi Listrik (KWH)

Grafik pada Gambar 5.1 merupakan grafik pemakaian KWH di PT PLN Area Yogyakarta dari tahun 2007 sampai pada tahun 2016. Berdasarkan dari grafik batang dari pemakaian KWH tersebut, dapat diketahui bahwa dalam kurun waktu 10 tahun tersebut pemakaian KWH paling rendah adalah pada awal triwulan pada tahun 2007 dengan jumlah KWH terpakai sebanyak 357.863.594 KWH. Dalam kurun waktu 10 tahun tersebut, pemakaian KWH yang paling tinggi terjadi pada tahun 2016 dengan jumlah KWH terjual sebanyak 685.656.579 KWH. Karena data

pemakaian KWH di PT PLN Area Yogyakarta ini cenderung bersifat trend naik, maka jumlah pemakaian KWH terendah (baik dari periode waktu triwulan maupun tahunan) akan terdapat pada tahun 2007 dan pemakaian KWH tertinggi (baik dari periode waktu triwulan maupun tahunan) akan terdapat pada tahun 2016.

Berdasarkan pada grafik batang tersebut juga dapat diketahui bahwa pemakaian KWH tiap triwulan tidak selalu mengalami kenaikan secara trend. Ada kalanya pemakaian KWH dari triwulan ke- t ke triwulan ke- $t+1$ mengalami penurunan. Misalnya adalah pada akhir triwulan tahun 2014 tercatat pemakaian energi listrik (KWH) adalah sebanyak 620.924.497 KWH. Pada saat memasuki triwulan pertama pada tahun 2015, pemakaian KWH menjadi sebesar 590.886.759 KWH atau menurun sebanyak 30.037.738 KWH. Misalnya lagi pada tahun 2012 triwulan ke dua tercatat pemakaian KWH adalah sebesar 519.362.076 KWH. Pada saat memasuki triwulan ke tiga tahun 2012, pemakaian KWH menjadi 496.841.029 KWH atau menurun sebesar 22.521.047 KWH. Jumlah KWH yang terpakai dari tahun 2007 sampai pada tahun 2016 adalah sebesar 20.239.421.117 KWH.

5.2. Hasil Fuzzy Time Series Orde Satu

Metode *Fuzzy Time Series (FTS)* yang peneliti gunakan merupakan metode *Fuzzy Time Series (FTS)* dengan menggunakan pembobotan atau biasa dikenal dengan Metode Cheng. Berbeda dengan metode Chen, metode ini memperhitungkan adanya pembobotan.

5.2.1. Pembentukan Himpunan Semesta

Langkah awal pada metode *FTS* adalah dengan membentuk himpunan semesta (*universe of discourse*) yang di dalamnya akan terdapat beberapa partisi dengan panjang interval yang sama. Himpunan semesta dibentuk dari data historis yang tersedia, dengan mendefinisikan D_{max} dan D_{min} atau data tertinggi dan data terendah. Berikut adalah cara pendefinisian himpunan semesta.

$$U = [D_{min}; D_{max}]$$

dengan D_{min} merupakan data terendah dan D_{max} merupakan data yang tertinggi.

Pada data pemakaian KWH di PT PLN Area Yogyakarta, peneliti mendapatkan D_{max} dan D_{min} masing-masing adalah sebesar 685.656.579 KWH

dan 357.863.594 KWH. Maka dari hasil ini terbentuk himpunan semesta $U = [357.863.594; 685.656.579]$.

5.2.2. Pembentukan Panjang Interval

Pada penentuan panjang interval, peneliti menggunakan distribusi frekuensi memiliki langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Menghitung *Range*

$$R = 685.656.579 - 357.863.594$$

$$R = 327.792.985$$

- b. Menghitung Interval Kelas

Dalam penentuan banyaknya interval kelas, peneliti menggunakan rumus Struges sebagai berikut.

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

dimana K merupakan banyaknya interval dan n merupakan banyak data *time series* yang digunakan. Berikut adalah hasil dari penentuan banyaknya interval.

$$K = 1 + 3,322 \log 40$$

$$K = 6,322043291$$

Dari hasil tersebut didapatkan nilai k sebesar 6,32, maka peneliti membulatkan hasil tersebut menjadi 6. Jadi banyaknya interval yang peneliti gunakan adalah sebanyak 6 interval.

- c. Menghitung Lebar Interval

$$I = \frac{R}{K}$$

$$I = \frac{327.792.985}{6}$$

$$I = 54.632.164$$

- d. Himpunan *fuzzy* dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda.

Tabel 5. 1 Frekuensi Kepadatan Data Penggunaan KWH

u_i	Batas atas	Batas bawah	Jumlah data	Jumlah sub interval	Lebar sub interval
u_1	357.863.594	412.495.758	9	5	10.926.433
u_2	412.495.758	467.127.922	9	5	10.926.433
u_3	67.127.922	521.760.087	6	3	18.210.721
u_4	521.760.087	576.392.251	4	1	54.632.164
u_5	576.392.251	631.024.415	7	4	13.658.041
u_6	631.024.415	685.656.579	5	2	27.316.082

Himpunan *fuzzy* dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda. Jika dilihat dari hasil frekuensi jumlah data pada semua kelas interval, maka didapatkan 5 frekuensi yang berbeda, yaitu 9, 6, 4, 7, dan 5. Maka pada frekuensi data terbanyak pertama (yaitu pada 9) dibagi menjadi 5 interval yang sama. Berikutnya, frekuensi data terbanyak kedua (yaitu pada frekuensi 7) dibagi atas $h - 1$, yaitu 4 interval yang sama, interval pada frekuensi terbanyak ketiga dibagi menjadi $h - 2$ atau 3 interval yang sama. Hal ini dilakukan sampai pada interval dengan frekuensi satu.

Berdasarkan hasil distribusi frekuensi, maka dapat diketahui bahwa terdapat 20 sub interval yang akan menjadi domain dari himpunan interval *fuzzy* yang terbentuk, sehingga hasil pada tabel di atas dapat disajikan seperti pada hasil Gambar 5.2.

Selanjutnya adalah mengasumsikan A_1, A_2, \dots, A_k menjadi kumpulan *fuzzy* nilai-nilai linguistik dari variabel linguistik. Dalam penelitian ini telah ditetapkan terdapat 20 interval yang terbentuk. Dari masing-masing interval tersebut akan didefinisikan *fuzzy set* A_i , dengan $1 \leq i \leq 20$. Maka akan terbentuk variabel linguistik seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \{1/u_1 + 0.5/u_2 + \dots + 0/u_{19} + 0/u_{20}\} \\
 A_2 &= \{0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + \dots + 0/u_{19} + 0/u_{20}\} \\
 A_3 &= \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + \dots + 0/u_{19} + 0/u_{20}\} \\
 &\vdots
 \end{aligned}$$

$$A_{19} = \{0/u_1 + \dots + 0.5/u_{18} + 1/u_{19} + 0.5/u_{20}\}$$

$$A_{20} = \{0/u_1 + \dots + 0/u_{18} + 0.5/u_{19} + 1/u_{20}\}$$

Berikut merupakan hasil dari penentuan nilai linguistik dengan batas yang baru.

Tabel 5. 2 Interval *Fuzzy* dengan Kepadatan Frekuensi

U _i	b.bawah	b. atas	midpoin	range
u ₁	357863594	368790027	363326810	10926433
u ₂	368790027	379716460	374253243	10926433
u ₃	379716460	390642893	385179676	10926433
u ₄	390642893	401569325	396106109	10926433
u ₅	401569325	412495758	407032542	10926433
u ₆	412495758	423422191	417958975	10926433
u ₇	423422191	434348624	428885407	10926433
u ₈	434348624	445275057	439811840	10926433
u ₉	445275057	456201490	450738273	10926433
u ₁₀	456201490	467127922	461664706	10926433
u ₁₁	467127922	485338644	476233283	18210721
u ₁₂	485338644	503549365	494444004	18210721
u ₁₃	503549365	521760087	512654726	18210721
u ₁₄	521760087	576392251	549076169	54632164
u ₁₅	576392251	590050292	583221271	13658041
u ₁₆	590050292	603708333	596879312	13658041
u ₁₇	603708333	617366374	610537353	13658041
u ₁₈	617366374	631024415	624195394	13658041
u ₁₉	631024415	658340497	644682456	27316082
u ₂₀	658340497	685656579	671998538	27316082

Suatu data masuk ke dalam nilai linguistik tertentu yaitu dengan membandingkan derajat keanggotaan dan dipilih yang mempunyai derajat keanggotaan yang tertinggi. Misalnya data pada triwulan I tahun 2007 mempunyai data aktual sebesar 357.863.594, maka berdasarkan pada Gambar 5.2 data aktual tersebut merupakan bagian dari interval linguistik u_1 dan bernilai benar (1) pada derajat keanggotaan u_1 terhadap A_1 .

$$A_1 = \{1/u_1 + 0.5/u_2 + \dots + 0/u_{19} + 0/u_{20}\}$$

Begitu seterusnya sampai pada data terakhir dalam penelitian ini dengan hasil fuzzifikasi data yang dinotasikan dengan bilangan linguistik.

5.2.3. Fuzzifikasi Pemakaian KWH

Selanjutnya adalah membentuk fuzzifikasi berdasarkan interval yang telah diperoleh dan dapat ditentukan nilai linguistik sesuai dengan banyaknya interval yang telah terbentuk. Berikut adalah hasil dari fuzzifikasi.

Tabel 5. 3 Fuzzifikasi data aktual

Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikas	Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi
2007	I	357.863.594	A1	2012	I	494.882.848	A12
	II	370.353.127	A2		II	519.362.076	A13
	III	372.683.448	A2		III	496.841.029	A12
	IV	380.675.373	A3		IV	532.666.062	A14
2008	I	386.048.074	A3	2013	I	517.983.426	A13
	II	410.035.215	A5		II	557.473.031	A14
	III	391.238.077	A4		III	541.821.653	A14
	IV	404.319.902	A5		IV	585.597.415	A15
2009	I	399.238.005	A4	2014	I	563.876.669	A14
	II	428.338.750	A7		II	605.946.942	A17
	III	425.189.955	A7		III	578.864.609	A15
	IV	436.086.718	A8		IV	620.924.497	A18
2010	I	438.518.732	A8	2015	I	590.886.759	A16
	II	461.504.015	A10		II	628.260.781	A18
	III	451.087.351	A9		III	599.350.983	A16
	IV	457.839.743	A10		IV	665.654.860	A20
2011	I	445.522.832	A9	2016	I	660.209.622	A20
	II	472.032.367	A11		II	682.159.046	A20
	III	456.839.644	A10		III	670.213.580	A20
	IV	495.373.728	A12		IV	685.656.579	A20

Penentuan fuzzifikasi pada data *time series* penelitian ini dilakukan dengan mendefinisikan data ke dalam interval yang sesuai. Misalkan pada tahun 2016 triwulan pertama, data pemakaian KWH tercatat sebesar 660.209.622. Data tersebut masuk dalam interval (*range*) keanggotaan nilai linguistik A_{20} , yaitu [658.340.497 ; 685.656.579]. Contoh lainnya adalah pada tahun 2011 triwulan kedua dengan data pemakaian KWH yang tercatat adalah sebesar 472.032.367, maka data *time series* tersebut didefinisikan ke dalam nilai linguistik A_{11} , dan seterusnya.

5.2.4. Fuzzy Logic Relationship dan FLR Group

Tahap setelah ditentukannya fuzzifikasi dari pemakaian KWH adalah dengan membentuk *Fuzzy Logic Relationship (FLR)*. Hubungan *fuzzy logic* tersebut diidentifikasi berdasarkan data historis yang telah difuzzifikasikan sebelumnya.

Jika suatu variabel *time series* $F(t - 1)$ mempunyai bentuk fuzzifikasi sebagai A_k dan $F(t)$ sebagai A_m , maka A_k mempunyai hubungan dengan A_m atau dapat dikatakan bahwa A_k dapat meramalkan data pada A_m . Hubungan yang seperti ini dapat dituliskan dengan notasi $A_k \rightarrow A_m$, dimana A_k merupakan data pemakaian KWH pada waktu sekarang (*current state*) dan A_m merupakan data pemakaian KWH pada waktu selanjutnya dari sekarang (*next state*).

Dari Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa pada tahun 2007, triwulan I dan II keduanya mempunyai hasil fuzzifikasi yaitu A_1 dan A_2 . Keadaan tersebut dapat ditulis dengan notasi $A_1 \rightarrow A_2$. Pada tahun 2011 triwulan I dan II mempunyai hasil fuzzifikasi A_9 dan A_{11} . Maka hasil tersebut dapat dituliskan dengan notasi $A_9 \rightarrow A_{11}$. Begitu juga untuk hasil fuzzifikasi lainnya sampai pada triwulan terakhir pada tahun 2016. Berikut merupakan hasil lengkap dari *Fuzzy Logic Relationship*.

Tabel 5. 4 Hasil *Fuzzy Logic Relationship*

Triwulan	2007	2008	2009	2010	2011
I	*	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_5 \rightarrow A_4$	$A_8 \rightarrow A_8$	$A_{10} \rightarrow A_9$
II	$A_1 \rightarrow A_2$	$A_3 \rightarrow A_5$	$A_4 \rightarrow A_7$	$A_8 \rightarrow A_{10}$	$A_9 \rightarrow A_{11}$
III	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_4$	$A_7 \rightarrow A_7$	$A_{10} \rightarrow A_9$	$A_{11} \rightarrow A_{10}$
IV	$A_2 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_5$	$A_7 \rightarrow A_8$	$A_9 \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_{12}$
Triwulan	2012	2013	2014	2015	2016
I	$A_{12} \rightarrow A_{12}$	$A_{14} \rightarrow A_{13}$	$A_{15} \rightarrow A_{14}$	$A_{18} \rightarrow A_{16}$	$A_{20} \rightarrow A_{20}$
II	$A_{12} \rightarrow A_{13}$	$A_{13} \rightarrow A_{14}$	$A_{14} \rightarrow A_{17}$	$A_{16} \rightarrow A_{18}$	$A_{20} \rightarrow A_{20}$
III	$A_{13} \rightarrow A_{12}$	$A_{14} \rightarrow A_{14}$	$A_{17} \rightarrow A_{15}$	$A_{18} \rightarrow A_{16}$	$A_{20} \rightarrow A_{20}$
IV	$A_{12} \rightarrow A_{14}$	$A_{14} \rightarrow A_{15}$	$A_{15} \rightarrow A_{18}$	$A_{16} \rightarrow A_{20}$	$A_{20} \rightarrow A_{20}$

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, *FLR* terbentuk berdasarkan data historis masa sekarang $F(t - 1)$ dengan data historis masa setelah dari sekarang $F(t)$. Jadi, hasil *Fuzzy Logic Relationships* tersebut dihasilkan berdasarkan dari hasil fuzzifikasi data sebelumnya. Pada langkah ini, peneliti menggunakan orde pertama untuk membentuk *FLR*. Oleh karena itu, pada data fuzzifikasi pertama triwulan I tahun 2007 akan bernilai kosong karena digunakan sebagai data fuzzifikasi pertama untuk membentuk *FLR*.

Setelah mendapatkan hasil dari *FLR*, maka peneliti selanjutnya akan membentuk *Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)* berdasarkan dari hasil *FLR* sebelumnya. Jika terdapat *fuzzy set* yang mempunyai hubungan atau dapat meramalkan dengan lebih dari satu *set*, maka *right hand side* dapat digabung. Sebagai contoh pada Tabel 5.3, fuzzy A_2 mempunyai hubungan atau dapat meramalkan A_2 dan A_3 . Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dibentuk *FLRG* $A_2 \rightarrow A_2, A_3$. Berikut adalah hasil lengkap dari *FLRG* pada orde satu.

Tabel 5. 5 Tabel *FLRG* orde satu

Grup	Current State	Next State			
Grup 1:	$A_1 \rightarrow$	A_2			
Grup 2:	$A_2 \rightarrow$	A_2	A_3		
Grup 3:	$A_3 \rightarrow$	A_3	A_5		
Grup 4:	$A_4 \rightarrow$	A_5	A_7		
Grup 5:	$A_5 \rightarrow$	A_4			
Grup 6:	$A_7 \rightarrow$	A_7	A_8		
Grup 7:	$A_8 \rightarrow$	A_8	A_{10}		
Grup 8:	$A_9 \rightarrow$	A_{10}	A_{11}		
Grup 9:	$A_{10} \rightarrow$	A_9	A_{12}		
Grup 10:	$A_{11} \rightarrow$	A_{10}			
Grup 11:	$A_{12} \rightarrow$	A_{12}	A_{13}	A_{14}	
Grup 12:	$A_{13} \rightarrow$	A_{12}	A_{14}		
Grup 13:	$A_{14} \rightarrow$	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{17}
Grup 14:	$A_{15} \rightarrow$	A_{14}	A_{18}		
Grup 15:	$A_{16} \rightarrow$	A_{18}	A_{20}		
Grup 16:	$A_{17} \rightarrow$	A_{15}			
Grup 17:	$A_{18} \rightarrow$	A_{16}			
Grup 18:	$A_{20} \rightarrow$	A_{20}			

5.2.5. Pembobotan

Perbedaan antara metode yang didefinisikan oleh Chen dengan metode yang didefinisikan oleh Cheng adalah pada pemberian pembobotan pada setiap relasi *fuzzy*. Langkah berikutnya setelah pembuatan *FLRG* selesai adalah dengan melihat berapa banyak relasi yang sama pada *FLRG*. Misalkan pada Grup 9 yang berisikan relasi *fuzzy* $A_{10} \rightarrow A_9, A_9, A_{12}$. Maka dari relasi *fuzzy* tersebut dapat diketahui bahwa nilai $A_{10} \rightarrow A_9$ ada sebanyak dua, relasi *fuzzy* $A_{10} \rightarrow A_{12}$ ada sebanyak satu. Oleh karena itu, maka berdasarkan *FLRG* tersebut didapatkan pembobotan

(*weighted*) $w_9 = 2$ (dari A_9), $w_{12} = 1$ (dari A_{12}). Maka terbentuklah matriks pembobot yang dapat ditulis $W_t = [w_9 \ w_{12}] = [2 \ 1]$. Jika ditulis dalam bentuk relasi *fuzzy* terboboti, maka hasilnya adalah $A_{10} \rightarrow 2(A_9), A_{12}$. Sehingga hasil dari pembobotan *FLRG* adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 6 Pembobotan *FLRG* orde satu

Grup	Current State	Next State			
Grup 1:	A1 →	A2			
Grup 2:	A2 →	A2	A3		
Grup 3:	A3 →	A3	A5		
Grup 4:	A4 →	A5	A7		
Grup 5:	A5 →	2(A4)			
Grup 6:	A7 →	A7	A8		
Grup 7:	A8 →	A8	A10		
Grup 8:	A9 →	A10	A11		
Grup 9:	A10 →	2(A9)	A12		
Grup 10:	A11 →	A10			
Grup 11:	A12 →	A12	A13	A14	
Grup 12:	A13 →	A12	A14		
Grup 13:	A14 →	A13	A14	A15	A17
Grup 14:	A15 →	A14	A18		
Grup 15:	A16 →	A18	A20		
Grup 16:	A17 →	A15			
Grup 17:	A18 →	2(A16)			
Grup 18:	A20 →	4(A20)			

5.2.6. Prediksi *FTS* Cheng Orde Satu

Pada peramalan algoritma Cheng, prinsip peramalan pada metode Cheng hampir sama dengan prinsip pada metode Chen, hanya saja pada metode Cheng ditambahkan pembobot pada perhitungannya. Misalkan terdapat hubungan *one to many* di dalam kelompok hubungan dari A_j , contohnya adalah $A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n$, dan tingkat kepemilikan tertinggi terjadi pada set u_1, u_2, \dots, u_n , maka hasil *forecasting* dihitung berdasarkan rata-rata dari *midpoint* m_1, m_2, \dots, m_n dari u_1, u_2, \dots, u_n . Persamaan defuzzifikasi dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\hat{y}_t = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n}$$

Dikarenakan terdapat pembobotan pada metode Cheng, maka perlu memasukkan bobot ke dalam rumus perhitungan defuzzifikasi. Misalkan terdapat relasi $A_{i1}, \dots, A_{i2}, A_{i1} \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, A_{j2}, A_{j2}, A_{j3}$ maka akan menghasilkan defuzzifikasi sebagai berikut.

$$\hat{y}_t = \frac{m_{j1} + 3(m_{j2}) + m_{j3}}{1 + 3 + 1}$$

dengan m_{jk} merupakan nilai *midpoint* dari tiap interval dan pembilang adalah bobot yang ditetapkan pada *FLRG* sebelumnya. Berdasarkan rumus perhitungan tersebut, maka dapat ditentukan hasil *forecasting* menggunakan metode Cheng pada orde satu dengan perhitungan sebagai berikut.

$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{ip}^*(m_p)$$

Periode triwulan ketiga tahun 2007 mempunyai fuzzifikasi A_2 , maka hasil *forecasting* dihitung berdasarkan *FLRG* A_2 , dimana A_2 mempunyai nilai A_2, A_3 . Maka hasil *forecasting* dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F(\text{III } 07) &= w_2^*(m_2) + w_3^*(m_3) \\ &= \left[\frac{1}{2}\right] \cdot [374.253.243] + \left[\frac{1}{2}\right] \cdot [385.179.676] \\ &= \left[\frac{1(374.253.243)}{2} + \frac{1(385.179.676)}{2}\right] \\ &= \left[\frac{759.432.919}{2}\right] \\ &= 379.716.460 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan *forecasting* pada *FLRG* orde satu menggunakan metode pembobotan Cheng.

Tabel 5. 7 *Forecasting* orde satu

Triwulan	FLRG	<i>Forecasting (midpoint)</i>
I – 07	*	*
II – 07	A1 → A2	A2
III-07	A2 → A2	$\frac{A2 + A3}{2}$

⋮	⋮	⋮
II – 11	$A9 \rightarrow A11$	$\frac{A10 + A11}{2}$
III – 11	$A11 \rightarrow A10$	$A10$
⋮	⋮	⋮
III – 16	$A20 \rightarrow 4(A20)$	$\frac{4(A20)}{4}$
IV – 16	$A20 \rightarrow 4(A20)$	$\frac{4(A20)}{4}$

Berdasarkan pada persamaan pada tabel 5.5, maka didapatkan hasil *forecasting* menggunakan orde satu sebagai berikut.

Tabel 5. 8 Hasil Prediksi orde satu

Triwulan	Pemakaian KWH	Hasil Prediksi
I – 07	357.863.594	*
II – 07	370.353.127	374.253.243
III-07	372.683.448	379.716.460
⋮	⋮	⋮
II – 11	372.683.448	468.948.994
III – 11	380.675.373	461.664.706
⋮	⋮	⋮
III – 16	386.048.074	671.998.538
IV – 16	410.035.215	671.998.538

5.3. Hasil *FTS* Cheng Orde Dua

Penerapan *FTS* dengan orde dua hampir sama dengan penerapan orde satu pada *FTS* sebelumnya. Perbedaannya dimulai pada tahap penentuan *Fuzzy Logic Relationship (FLR)*. Pada orde satu, penentuan *FLR* dimulai pada data $F(t - 1)$ ke $F(t)$. Pada *FTS* orde dua, maka penentuan *FLR* dimulai pada $F(t - 2)$ atau menggunakan dua data historis sebelum $F(t)$, yaitu $F(t - 2)$ dan $F(t - 1)$.

5.3.1. Fuzzy Logic Relationship dan Fuzzy Logic Relationship Group

Pada orde dua, penentuan *FLR* dimulai dari data $F(t - 2)$ menuju ke $F(t)$. Pada data pemakaian KWH, data pertama (triwulan pertama tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_1 , data kedua (triwulan kedua tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_2 , dan data ketiga (triwulan ketiga tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_2 . Berdasarkan hal tersebut, apabila *FTS* orde dua diterapkan maka akan menghasilkan *FLR* $A_1, A_2 \rightarrow A_2$. Berikut merupakan hasil penerapan *FTS* orde dua pada data pemakaian KWH.

Tabel 5.9 *FLR* Orde Dua

Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR	Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR
2007	I	357.863.594	A1		2012	I	494.882.848	A12	A10,A12--A12
	II	370.353.127	A2			II	519.362.076	A13	A12,A12--A13
	III	372.683.448	A2	A1,A2--A2		III	496.841.029	A12	A12,A13--A12
	IV	380.675.373	A3	A2,A2--A3		IV	532.666.062	A14	A13,A12--A14
2008	I	386.048.074	A3	A2,A3--A3	2013	I	517.983.426	A13	A12,A14--A13
	II	410.035.215	A5	A3,A3--A5		II	557.473.031	A14	A14,A13--A14
	III	391.238.077	A4	A3,A5--A4		III	541.821.653	A14	A13,A14--A14
	IV	404.319.902	A5	A5,A4--A5		IV	585.597.415	A15	A14,A14--A15
2009	I	399.238.005	A4	A4,A5--A4	2014	I	563.876.669	A14	A14,A15--A14
	II	428.338.750	A7	A5,A4--A7		II	605.946.942	A17	A15,A14--A17
	III	425.189.955	A7	A4,A7--A7		III	578.864.609	A15	A14,A17--A15
	IV	436.086.718	A8	A7,A7--A8		IV	620.924.497	A18	A17,A15--A18
2010	I	438.518.732	A8	A7,A8--A8	2015	I	590.886.759	A16	A15,A18--A16
	II	461.504.015	A10	A8,A8--A10		II	628.260.781	A18	A18,A16--A18
	III	451.087.351	A9	A8,A10--A9		III	599.350.983	A16	A16,A18--A16
	IV	457.839.743	A10	A10,A9--A10		IV	665.654.860	A20	A18,A16--A20
2011	I	445.522.832	A9	A9,A10--A9	2016	I	660.209.622	A20	A16,A20--A20
	II	472.032.367	A11	A10,A9--A11		II	682.159.046	A20	A20,A20--A20
	III	456.839.644	A10	A9,A11--A10		III	670.213.580	A20	A20,A20--A20
	IV	495.373.728	A12	A11,A10--A12		IV	685.656.579	A20	A20,A20--A20

Data pertama dan kedua dari *Fuzzy Logic Relationships* orde dua tidak mempunyai nilai karena untuk $F(t - 2)$ dan $F(t - 1)$ untuk data pertama tidak tersedia. Oleh karena itu, data *FLR* pertama dan kedua pada penerapan orde dua tidak mempunyai nilai. Setelah terbentuk *FLR* dari orde dua, maka dapat dibentuk *FLRG* sesuai dengan banyaknya kemungkinan grup akan terbentuk berdasarkan hasil dari *FLR*. Berikut merupakan hasil dari *FLRG* berdasarkan dari *FLR* yang telah terbentuk pada orde dua.

Tabel 5.10 *FLRG* Orde Dua

Grup	Current State	Next State
Grup 1:	A1,A2 →	A2
Grup 2:	A2,A2 →	A3
Grup 3:	A2,A3 →	A3
Grup 4:	A3,A3 →	A5

Grup 5:	A3,A5 →	A4
Grup 6:	A4,A5 →	A4
Grup 7:	A4,A7 →	A7
Grup 8:	A5,A4 →	A5, A7
Grup 9:	A7,A7 →	A8
Grup 10:	A7,A8 →	A8
Grup 11:	A8,A10 →	A9
Grup 12:	A8,A8 →	A10
Grup 13:	A9,A10 →	A9
Grup 14:	A9,A11 →	A10
Grup 15:	A10,A12 →	A12
Grup 16:	A10,A9 →	A10, A11
Grup 17:	A11,A10 →	A12
Grup 18:	A12,A12 →	A13
Grup 19:	A12,A13 →	A12
Grup 20:	A12,A14 →	A13
Grup 21:	A13,A12 →	A14
Grup 22:	A13,A14 →	A14
Grup 23:	A14,A13 →	A14
Grup 24:	A14,A14 →	A15
Grup 25:	A14,A15 →	A14
Grup 26:	A14,A17 →	A15
Grup 27:	A15,A14 →	A17
Grup 28:	A15,A18 →	A16
Grup 29:	A16,A18 →	A16
Grup 30:	A16,A20 →	A20
Grup 31:	A17,A15 →	A18
Grup 32:	A18,A16 →	A18, A20
Grup 33:	A20,A20 →	A20, A20, A20

5.3.2. Pembobotan Orde Dua

Sama seperti pada pembobotan orde satu, pembobotan pada orde dua juga didasarkan pada banyaknya relasi yang sama. Pada Grup 33 terdapat relasi $A_{20}, A_{20} \rightarrow A_{20}$, $A_{20}, A_{20} \rightarrow A_{20}$, dan $A_{20}, A_{20} \rightarrow A_{20}$, maka pembobotan pada relasi fuzzy A_{20}, A_{20} adalah $A_{20}, A_{20} \rightarrow 3(A_{20})$. Selanjutnya dilakukan pembentukan pembobotan dengan diberikan angka pada fuzzifikasi yang sama yaitu $w_{20} = 3$ (dari A_{20}). Maka terbentuk matriks pembobotan $W(t) = [w_{20}] = [3]$. Berikut merupakan hasil lengkap *FLRG* dari *FTS* Cheng orde dua.

Tabel 5.11 *FLRG* Cheng orde dua

Grup	Current State	Next State
Grup 1:	A1,A2 →	A2
Grup 2:	A2,A2 →	A3
Grup 3:	A2,A3 →	A3
Grup 4:	A3,A3 →	A5
Grup 5:	A3,A5 →	A4
Grup 6:	A4,A5 →	A4
Grup 7:	A4,A7 →	A7
Grup 8:	A5,A4 →	A5, A7
Grup 9:	A7,A7 →	A8
Grup 10:	A7,A8 →	A8
Grup 11:	A8,A10 →	A9
Grup 12:	A8,A8 →	A10
Grup 13:	A9,A10 →	A9
Grup 14:	A9,A11 →	A10
Grup 15:	A10,A12 →	A12
Grup 16:	A10,A9 →	A10, A11
Grup 17:	A11,A10 →	A12
Grup 18:	A12,A12 →	A13
Grup 19:	A12,A13 →	A12
Grup 20:	A12,A14 →	A13
Grup 21:	A13,A12 →	A14
Grup 22:	A13,A14 →	A14
Grup 23:	A14,A13 →	A14
Grup 24:	A14,A14 →	A15
Grup 25:	A14,A15 →	A14
Grup 26:	A14,A17 →	A15
Grup 27:	A15,A14 →	A17
Grup 28:	A15,A18 →	A16
Grup 29:	A16,A18 →	A16
Grup 30:	A16,A20 →	A20
Grup 31:	A17,A15 →	A18
Grup 32:	A18,A16 →	A18, A20
Grup 33:	A20,A20 →	3(A20)

5.3.3. Prediksi *FTS* Cheng Orde Dua

Pada metode Cheng orde dua, peramalan pada orde ini juga mengikuti prinsip pada orde satu sebelumnya. Berikut adalah perhitungan peramalan menggunakan metode Cheng pada orde dua. Sebagai contoh perhitungan, misalkan

pada data triwulan ketiga tahun 2007 yang mempunyai FLR $A_1, A_2 \rightarrow A_2$ dan mempunyai FLRG yaitu A_2 , maka hasil defuzzifikasi untuk nilai prediksinya adalah sebagai berikut.

$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{ip}^*(m_p)$$

$$\begin{aligned} F(\text{III } 07) &= w_2^*(m_2) \\ &= \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot [374.253.243] \\ &= 374.253.243 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil dari prediksi menggunakan orde dua pada metode Cheng.

Tabel 5.12 Prediksi orde dua

Triwulan	FLRG	Prediksi (<i>midpoint</i>)
II-07	*	*
III-07	$A_1, A_2 \rightarrow A_2$	A_2
⋮	⋮	⋮
II-11	$A_{10}, A_9 \rightarrow A_{11}$	$\frac{A_{10} + A_{11}}{2}$
III-11	$A_9, A_{11} \rightarrow A_{10}$	A_{10}
⋮	⋮	⋮
III-16	$A_{20}, A_{20} \rightarrow A_{20}$	$\frac{3(A_{20})}{3}$
IV-16	$A_{20}, A_{20} \rightarrow A_{20}$	$\frac{3(A_{20})}{3}$

Berdasarkan rumus perhitungan untuk mengetahui nilai dari prediksi tersebut, maka didapatkan hasil prediksi seperti berikut ini.

Tabel 5.13 Hasil Prediksi orde dua

Triwulan	Pemakaian KWH	Hasil Prediksi
I-07	*	*
II-07	*	*
III-07	372.683.448	374.253.243

⋮	⋮	⋮
II – 11	472.032.367	468.948.994
III – 11	456.839.644	461.664.706
⋮	⋮	⋮
III – 16	670.213.580	671.998.538
IV – 16	685.656.579	671.998.538

5.4. Hasil FTS Cheng Orde Tiga

Jika pada *Fuzzy Time Series* Cheng dengan menggunakan dua relasi dimulai dari $F(t - 2)$, maka pada *Fuzzy Time Series* Cheng dengan menggunakan tiga orde, maka penentuan *Fuzzy Logic Relationships* dimulai dari data $F(t - 3)$. Jadi *FLR* akan berjalan dari $F(t - 3)$, $F(t - 2)$, $F(t - 1)$ ke $F(t)$.

5.4.1. Fuzzy Logic Relationship dan Fuzzy Logic Relationship Group

Pada orde tiga, maka penentuan *FLR* dimulai dari data $F(t - 3)$. Misalnya pada data pemakaian KWH, data pertama (triwulan pertama tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_1 , data kedua (triwulan kedua tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_2 , data ketiga (triwulan ketiga tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_2 , dan data keempat adalah fuzzifikasi A_3 . Berdasarkan hal tersebut, apabila *FTS* orde tiga diterapkan maka akan menghasilkan *FLR* $A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_3$. . Berikut merupakan hasil penerapan *FTS* orde tiga pada data pemakaian KWH.

Tabel 5.14 *FLR* Orde Tiga

Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR	Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR
2007	I	357.863.594	A1		2012	I	494.882.848	A12	A11,A10,A12--A12
	II	370.353.127	A2			II	519.362.076	A13	A10,A12,A12--A13
	III	372.683.448	A2			III	496.841.029	A12	A12,A12,A13--A12
	IV	380.675.373	A3	A1,A2,A2--A3		IV	532.666.062	A14	A12,A13,A12--A14
2008	I	386.048.074	A3	A2,A2,A3--A3	2013	I	517.983.426	A13	A13,A12,A14--A13
	II	410.035.215	A5	A2,A3,A3--A5		II	557.473.031	A14	A12,A14,A13--A14
	III	391.238.077	A4	A3,A3,A5--A4		III	541.821.653	A14	A14,A13,A14--A14
	IV	404.319.902	A5	A3,A5,A4--A5		IV	585.597.415	A15	A13,A14,A14--A15
2009	I	399.238.005	A4	A5,A4,A5--A4	2014	I	563.876.669	A14	A14,A14,A15--A14
	II	428.338.750	A7	A4,A5,A4--A7		II	605.946.942	A17	A14,A15,A14--A17
	III	425.189.955	A7	A5,A4,A7--A7		III	578.864.609	A15	A15,A14,A17--A15
	IV	436.086.718	A8	A4,A7,A7--A8		IV	620.924.497	A18	A14,A17,A15--A18
2010	I	438.518.732	A8	A7,A7,A8--A8	2015	I	590.886.759	A16	A17,A15,A18--A16
	II	461.504.015	A10	A7,A8,A8--A10		II	628.260.781	A18	A15,A18,A16--A18
	III	451.087.351	A9	A8,A8,A10--A9		III	599.350.983	A16	A18,A16,A18--A16
	IV	457.839.743	A10	A8,A10,A9--A10		IV	665.654.860	A20	A16,A18,A16--A20
2011	I	445.522.832	A9	A10,A9,A10--A9	2016	I	660.209.622	A20	A18,A16,A20--A20
	II	472.032.367	A11	A9,A10,A9--A11		II	682.159.046	A20	A16,A20,A20--A20
	III	456.839.644	A10	A10,A9,A11--A10		III	670.213.580	A20	A20,A20,A20--A20
	IV	495.373.728	A12	A9,A11,A10--A12		IV	685.656.579	A20	A20,A20,A20--A20

Pada metode Cheng orde tiga ini, data pertama sampai data ketiga tidak mempunyai nilai karena data sebelum data $F(t)$ tidak ada yang terpenuhi. Oleh karena itu, setiap orde n digunakan, maka sebanyak n data akan tidak mempunyai data hasil FLR . Selanjutnya adalah menentukan $FLRG$ berdasarkan banyaknya FLR yang terbentuk pada Cheng orde tiga. Berikut merupakan hasil dari $FLRG$ yang telah diberikan pembobotan berdasarkan banyaknya FLR yang telah dibentuk sebelumnya.

Tabel 5.15 $FLRG$ Orde Tiga

Grup	Current State	Next State	Grup	Current State	Next
Grup 1:	A1,A2,A2 →	A3	Grup 19:	A11,A10,A12 →	A12
Grup 2:	A2,A3,A3 →	A5	Grup 20:	A12,A12,A13 →	A12
Grup 3:	A2,A2,A3 →	A3	Grup 21:	A12,A13,A12 →	A14
Grup 4:	A3,A5,A4 →	A5	Grup 22:	A12,A14,A13 →	A14
Grup 5:	A3,A3,A5 →	A4	Grup 23:	A13,A12,A14 →	A13
Grup 6:	A4,A7,A7 →	A8	Grup 24:	A13,A14,A14 →	A15
Grup 7:	A4,A5,A4 →	A7	Grup 25:	A14,A13,A14 →	A14
Grup 8:	A5,A4,A7 →	A7	Grup 26:	A14,A14,A15 →	A14
Grup 9:	A5,A4,A5 →	A4	Grup 27:	A14,A15,A14 →	A17
Grup 10:	A7,A8,A8 →	A10	Grup 28:	A14,A17,A15 →	A18
Grup 11:	A7,A7,A8 →	A8	Grup 29:	A15,A14,A17 →	A15
Grup 12:	A8,A8,A10 →	A9	Grup 30:	A15,A18,A16 →	A18
Grup 13:	A8,A10,A9 →	A10	Grup 31:	A16,A18,A16 →	A20
Grup 14:	A9,A11,A10 →	A12	Grup 32:	A16,A20,A20 →	A20
Grup 15:	A9,A10,A9 →	A11	Grup 33:	A17,A15,A18 →	A16
Grup 16:	A10,A12,A12 →	A13	Grup 34:	A18,A16,A18 →	A16
Grup 17:	A10,A9,A10 →	A9	Grup 35:	A18,A16,A20 →	A20
Grup 18:	A10,A9,A11 →	A10	Grup 36:	A20,A20,A20 →	2(A20)

Pembobotan pada orde tiga juga sama pada pembobotan pada orde dua dan orde satu. Pada orde tiga ini, hanya terdapat satu relasi *fuzzy* yang mempunyai pembobotan, yaitu relasi pada Grup 36. Pada relasi Grup 36 mempunyai FLR A_{20} , A_{20} , $A_{20} \rightarrow A_{20}$, A_{20} . Maka dari relasi *fuzzy* tersebut didapatkan pembobotan dengan diberikan angka pada fuzzifikasi yang sama yaitu $w_{20} = 2$ (dari A_{20}). Maka terbentuk matriks pembobotan $W(t) = [w_{20}] = [2]$.

5.4.2. Prediksi FTS Cheng Orde Tiga

Pada metode Cheng orde tiga, peramalan pada orde ini juga mengikuti prinsip pada orde satu sebelumnya. Berikut adalah perhitungan peramalan menggunakan metode Cheng pada orde tiga. Misalnya adalah pada triwulan keempat tahun 2007 yang mempunyai fuzzifikasi A_3 , mempunyai $FLR A_1, A_2, A_2$ dan mempunyai nilai $FLRG A_3$.

$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{ip}^*(m_p)$$

$$\begin{aligned} F (IV 07) &= w_3^*(m_3) \\ &= \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot [385.179.676] \\ &= 385.179.676 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil penjabaran rumus untuk mendapatkan hasil prediksi pemakaian KWH dengan menggunakan metode Cheng pada orde tiga.

Tabel 5.16 Prediksi orde tiga

Triwulan	$FLRG$	Prediksi (<i>midpoint</i>)
III- 07	*	*
IV - 07	$A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_3$	A_3
⋮	⋮	⋮
II - 11	$A_9, A_{10}, A_9 \rightarrow A_{11}$	A_{11}
III - 11	$A_{10}, A_9, A_{11} \rightarrow A_{10}$	A_{10}
⋮	⋮	⋮
III - 16	$A_{20}, A_{20}, A_{20} \rightarrow A_{20}$	$\frac{2(A_{20})}{A_{20}}$
IV - 16	$A_{20}, A_{20}, A_{20} \rightarrow A_{20}$	$\frac{2(A_{20})}{A_{20}}$

Nilai prediksi dihitung berdasarkan nilai pada $FLRG$ tiap grup. Oleh karena itu, berdasarkan rumus perhitungan untuk mengetahui nilai dari prediksi tersebut, maka didapatkan hasil prediksi seperti berikut ini.

Tabel 5.17 Hasil prediksi orde tiga

Triwulan	Pemakaian KWH	Hasil prediksi
I – 07	*	*
II – 07	*	*
III – 07	*	*
IV – 07	380.675.373	385.179.676
⋮	⋮	⋮
II – 11	472.032.367	476.233.283
III – 11	456.839.644	461.664.705,9
⋮	⋮	⋮
III – 16	670.213.580	671.998.538
IV – 16	685.656.579	671.998.538

5.5. Hasil FTS Cheng Orde Empat

Selanjutnya adalah *Fuzzy Time Series* Cheng dengan menggunakan empat relasi dimulai dari $F(t - 4)$, maka pada *Fuzzy Time Series* Cheng dengan menggunakan empat orde, maka penentuan *Fuzzy Logic Relationships* dimulai dari data $F(t - 4)$. Jadi *FLR* akan berjalan dari $F(t - 4), F(t - 3), F(t - 2), F(t - 1)$ ke $F(t)$.

5.5.1. *Fuzzy Logic Relationship* dan *Fuzzy Logic Relationship Group*

Pada *FTS* Cheng orde empat, pembentukan *FLR* dimulai dari data $F(t - 4)$. Misalnya pada data pemakaian KWH, data pertama (triwulan pertama tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_1 , data kedua (triwulan kedua tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_2 , data ketiga (triwulan ketiga tahun 2007) menghasilkan fuzzifikasi A_2 , data keempat adalah fuzzifikasi A_3 , dan data kelima (triwulan pertama 2008) adalah fuzzifikasi A_3 . Berdasarkan hal tersebut, apabila *FTS* orde tiga diterapkan maka akan menghasilkan *FLR* $A_1, A_2, A_2, A_3 \rightarrow A_3$. Berikut merupakan hasil penerapan *FTS* orde empat pada data pemakaian KWH.

Tabel 5.18 *FLR* Orde Empat

Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR	Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR
2007	I	357.863.594	A1	-	2012	I	494.882.848	A12	A9,A11,A10,A12--A12
	II	370.353.127	A2	-		II	519.362.076	A13	A11,A10,A12,A12--A13
	III	372.683.448	A2	-		III	496.841.029	A12	A10,A12,A12,A13--A12
	IV	380.675.373	A3	-		IV	532.666.062	A14	A12,A12,A13,A12--A14
2008	I	386.048.074	A3	A1,A2,A2,A3--A3	2013	I	517.983.426	A13	A12,A13,A12,A14--A13
	II	410.035.215	A5	A2,A2,A3,A3--A5		II	557.473.031	A14	A13,A12,A14,A13--A14
	III	391.238.077	A4	A2,A3,A3,A5--A4		III	541.821.653	A14	A12,A14,A13,A14--A14
	IV	404.319.902	A5	A3,A3,A5,A4--A5		IV	585.597.415	A15	A14,A13,A14,A14--A15
2009	I	399.238.005	A4	A3,A5,A4,A5--A4	2014	I	563.876.669	A14	A13,A14,A14,A15--A14
	II	428.338.750	A7	A5,A4,A5,A4--A7		II	605.946.942	A17	A14,A14,A15,A14--A17
	III	425.189.955	A7	A4,A5,A4,A7--A7		III	578.864.609	A15	A14,A15,A14,A17--A15
	IV	436.086.718	A8	A5,A4,A7,A7--A8		IV	620.924.497	A18	A15,A14,A17,A15--A18
2010	I	438.518.732	A8	A4,A7,A7,A8--A8	2015	I	590.886.759	A16	A14,A17,A15,A18--A16
	II	461.504.015	A10	A7,A7,A8,A8--A10		II	628.260.781	A18	A17,A15,A18,A16--A18
	III	451.087.351	A9	A7,A8,A8,A10--A9		III	599.350.983	A16	A15,A18,A16,A18--A16
	IV	457.839.743	A10	A8,A8,A10,A9--A10		IV	665.654.860	A20	A18,A16,A18,A16--A20
2011	I	445.522.832	A9	A8,A10,A9,A10--A9	2016	I	660.209.622	A20	A16,A18,A16,A20--A20
	II	472.032.367	A11	A10,A9,A10,A9--A11		II	682.159.046	A20	A18,A16,A20,A20--A20
	III	456.839.644	A10	A9,A10,A9,A11--A10		III	670.213.580	A20	A16,A20,A20,A20--A20
	IV	495.373.728	A12	A10,A9,A11,A10--A12		IV	685.656.579	A20	A20,A20,A20,A20--A20

Pada *FTS* Cheng orde empat tidak didapatkan relasi yang sama pada hasil pembentukan *FLR*. Oleh karena itu, *FLRG* pada *FTS* Cheng orde keempat sama seperti *FLR* *FTS* Cheng orde empat itu sendiri.

5.5.2. Prediksi *FTS* Cheng Orde Empat

Pada metode Cheng orde empat, peramalan pada orde ini juga mengikuti prinsip pada orde satu sebelumnya. Berikut adalah perhitungan peramalan menggunakan metode Cheng pada orde empat. Misalnya adalah pada triwulan pertama tahun 2008 yang mempunyai fuzzifikasi A_3 , mempunyai *FLR* A_1, A_2, A_2, A_3 dan mempunyai nilai *FLRG* A_3 .

$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{ip}^*(m_p)$$

$$\begin{aligned} F(IV\ 07) &= w_3^*(m_3) \\ &= \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot [385.179.676] \\ &= 385.179.676 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil penjabaran rumus untuk mendapatkan hasil prediksi pemakaian KWH dengan menggunakan metode Cheng pada orde empat.

Tabel 5.19 Prediksi orde empat

Triwulan	FLRG	Prediksi (<i>midpoint</i>)
IV-07	*	*

I – 08	A1,A2,A2,A3→A3	A3
⋮	⋮	⋮
II – 11	A10,A9,A10,A9→A11	A11
III – 11	A9,A10,A9,A11→A10	A10
⋮	⋮	⋮
IV – 16	A20,A20,A20,A20→A20	A20

Berdasarkan rumus perhitungan untuk mengetahui nilai dari prediksi tersebut, maka didapatkan hasil prediksi seperti berikut ini.

Tabel 5.20 Hasil prediksi orde empat

Triwulan	Pemakaian KWH	Hasil prediksi
III – 07	*	*
IV – 07	*	*
I - 08	386.048.074	385.179.676
⋮	⋮	⋮
II – 11	472.032.367	476.233.283
III – 11	456.839.644	461.664.706
⋮	⋮	⋮
III – 16	670.213.580	671.998.538
IV – 16	685.656.579	671.998.538

5.6. Pemilihan Model

Penentuan model dalam penelitian ini didasarkan pada seberapa kecil nilai *error* atau ukuran kebaikan yang dihasilkan oleh model. Model dengan orde tertentu yang mempunyai nilai *error* yang kecil merupakan model yang terbaik. Nilai kesalahan atau *error* yang semakin kecil menandakan bahwa model tersebut layak untuk digunakan untuk memprediksi pemakaian KWH untuk periode yang akan datang. Peneliti menggunakan ukuran *error Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*, *Root Mean Squared Error (RMSE)* dan *Mean Absolute Error (MAE)*.

5.6.1. Perbandingan Akurasi Nilai Kesalahan *FTS* Cheng

Berikut ini merupakan hasil nilai kesalahan pada *FTS* Cheng dengan orde satu.

1. *Mean Absolute Error (MAE)*

Nilai *Mean Absolute Error (MAE)* yang digunakan pada orde satu di gunakan rumus seperti berikut:

$$MAE = \frac{\sum_i^n |X_t - F_t|}{n}$$

MAE

$$= \frac{\sum_2^{40} [| 370353127 - 374253243 | + \dots + |685656579 - 671998538 |]}{39}$$

$$MAE = 14.367.048,85$$

2. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

Nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* yang digunakan pada orde satu di gunakan rumus seperti berikut ini.

$$MAPE = \frac{\sum_i^n |(X_t - F_t)/X_t| \times 100\%}{n}$$

$$MAPE = 2.77 \%$$

3. *Root Mean Squared Error (RMSE)*

Nilai *Root Mean squared error (RMSE)* yang digunakan pada orde satu di gunakan rumus seperti berikut ini.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (X_t - F_t)^2}{n}}$$

$$MSE = 335.288.167.697.806$$

$$RMSE = \sqrt{335.288.167.697.806}$$

$$RMSE = 18.310.876$$

Berikut merupakan hasil perbandingan nilai akurasi nilai peramalan pada orde satu, orde dua, orde tiga, dan orde empat dengan menggunakan metode *FTS Cheng*.

Tabel 5.21 Nilai *Error Model*

Cheng	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>RMSE</i>
Orde satu	14.367.049	2.77%	18.310.876
Orde dua	6.208.658	1.18%	8.105.120
Orde tiga	4.876.970	0.91%	6.286.263
Orde empat	4.887.322	0.90%	6.328.604

Berdasarkan hasil tersebut, maka model *FTS* Cheng yang mempunyai akurasi paling baik adalah *FTS* Cheng dengan orde tiga. *FTS* Cheng orde tiga mempunyai ukuran *error MAE* sebesar 4.876.970, mempunyai ukuran *error MAPE* sebesar 0,91%, dan mempunyai *RMSE* sebesar 6.286.263. Hasil-hasil tersebut merupakan hasil ukuran *error* yang paling kecil diantara model *FTS* Cheng dengan menggunakan ketiga orde yang lain, walaupun pada *MAPE FTS* Cheng orde empat lebih kecil jika dibandingkan dengan *MAPE FTS* Cheng orde tiga, namun *FTS* Cheng orde tiga lebih dominan mempunyai ukuran *error* yang lebih kecil.

5.7. Prediksi Pemakaian KWH

Berdasarkan hasil dari ukuran *error* sebelumnya, didapatkan model *Fuzzy Time Series* Cheng dengan orde tiga yang mempunyai dominasi ukuran *error* terkecil. Hal tersebut menandakan bahwa *FTS* Cheng orde tiga mempunyai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan orde lain, selanjutnya *FTS* Cheng tersebut dapat digunakan untuk memprediksi pemakaian energi listrik (KWH) untuk satu periode ke depan.

Model *Fuzzy Time Series* Cheng dengan orde tiga berarti data *current state* dimulai dari data $F(t - 3), F(t - 2), F(t - 1)$ ke $F(t)$. Pada data hasil *forecasting* menggunakan Cheng orde tiga, didapatkan fuzzifikasi tiga periode terakhir adalah fuzzifikasi triwulan II 2016 adalah A_{20} , fuzzifikasi pada triwulan III 2016 adalah A_{20} , dan , fuzzifikasi pada triwulan IV 2016 adalah A_{20} . Maka dapat dibentuk *FLR* $A_{20}, A_{20}, A_{20} \rightarrow F_i$, dengan F_i merupakan hasil peramalan pada periode selanjutnya dari triwulan IV 2016.

Tabel 5.22 Fuzzifikasi peramalan

Triwulan	<i>Fuzzifikasi</i>	<i>FLRG</i>
II – 2016	A_{20}	
III – 2016	A_{20}	
IV – 2016	A_{20}	
F_i I – 2017	F_i	$A_{20}, A_{20}, A_{20} \rightarrow F_i$

Berdasarkan *FLR* yang terbentuk yaitu $A_{20}, A_{20}, A_{20} \rightarrow F_t$, maka pada penentuan *FLRG* pada orde tiga sudah terdapat *FLRG* untuk A_{20}, A_{20}, A_{20} , yaitu

$2(A_{20})$. Maka nilai atau hasil dari *forecasting* pemakaian KWH pada periode pertama triwulan I 2017 adalah sebagai berikut.

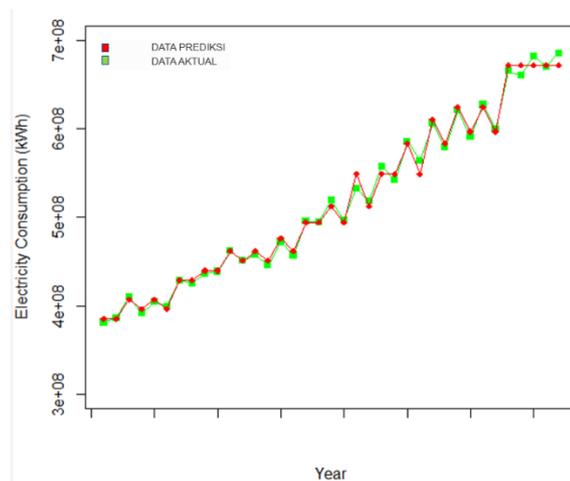
$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{ip}^*(m_p)$$

$$F(I - 17) = w_{20}^*(m_{20})$$

$$= \left[\frac{2}{2}\right] \cdot [671.998.538]$$

$$= 671.998.538$$

Jadi, berdasarkan hasil prediksi pemakaian KWH menggunakan *Fuzzy Time Series* Cheng dengan orde dua pada triwulan pertama tahun 2017 adalah sebesar 671.998.538 KWH. Berikut ini merupakan perbandingan grafik antara data aktual dengan data hasil prediksi pada *FTS* Cheng orde tiga.



Gambar 5.2 Grafik hasil peramalan

Berdasarkan hasil grafik tersebut dapat diketahui bahwa selisih antara grafik data aktual dengan grafik data hasil prediksi tidak berbeda jauh. Pola grafik dari data hasil prediksi mengikuti pola grafik dari data aktual pemakaian KWH selama panjang periode berlangsung.

5.8. Validasi Metode *Forecast*

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan validasi metode *Fuzzy Time Series* Cheng orde ketiga (dengan distribusi frekuensi) yang merupakan metode yang terbaik dengan beberapa metode *forecasting* lainnya. Peneliti melakukan validasi model dengan *FTS* Cheng orde dua tanpa mengembangkan kelas interval dengan

distribusi frekuensi, kemudian peneliti melakukan validasi dengan metode Holt Double Exponential Smoothing. Peneliti melakukan validasi *FTS* Cheng dengan Holt Double Exponential Smoothing dikarenakan Holt Double Exponential Smoothing dapat menangkap efek trend pada data. Selain Holt Double Exponential Smoothing, peneliti juga menggunakan *Fuzzy Time Series* Markov Chain sebagai salah satu pendekatan sistem fuzzy selain *Fuzzy Time Series* Cheng. Selain itu peneliti juga melakukan validasi hasil dari penelitian dengan model ARIMA yang merupakan model terbaik dari data penelitian. Berikut merupakan hasil validasi nilai *error* dari kelima metode.

Tabel 5.23 Tabel validasi *error* model

Metode	<i>MAE</i>	<i>MAPE</i>	<i>RMSE</i>
FTS Cheng orde dua (Struges)	14.728.715,48	2,95%	18.097.019
FTS Cheng orde ketiga	4.876.969,905	0.91%	6.286.263
Holt DES	20.403.220,15	3,85%	26.410.000
FTS Markov Chain	17.844.267,77	3,53%	20.726.065
ARIMA (1,1,1)	11.376.797,00	2,20%	14.347.307

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa hasil nilai ukuran *error* pada *MAE*, *MAPE*, dan *RMSE* metode *FTS* Cheng orde ketiga (dengan frekuensi kepadatan) lebih kecil jika dibandingkan dengan model Holt Double Exponential Smoothing, *FTS* Cheng orde dengan Struges, *Fuzzy Time Series* Markov Chain, dan model ARIMA. Jadi pada penelitian ini, *FTS* Cheng orde ketiga merupakan metode yang terbaik untuk memprediksi penggunaan energi listrik (KWH) pada periode ke depan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti mendapatkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil. Berikut merupakan beberapa kesimpulan pada penelitian ini.

1. Berdasarkan hasil analisis statistika deskriptif, dalam kurun waktu 10 tahun (yaitu dari tahun 2007 sampai 2016) jumlah energi listrik yang terjual atau yang terpakai adalah sebesar 20.239.421.117 KWH. Data pada penelitian ini cenderung bersifat trend naik yang menyebabkan data pemakaian KWH terendah terjadi pada tahun 2007 dengan jumlah pemakaian KWH sebesar 357.863.594 KWH dan data pemakaian KWH tertinggi terjadi pada tahun 2016 dengan jumlah pemakaian KWH sebesar 685.656.579 KWH.
2. Berdasarkan hasil dari perbandingan akurasi prediksi yang dilihat berdasarkan ukuran *error*nya, maka model *Fuzzy Time Series* Cheng yang terbaik adalah FTS Cheng dengan orde tiga dengan distribusi frekuensi. Pada FTS Cheng pada orde tiga dengan distribusi frekuensi ini memiliki ukuran *error MAE* sebesar 4.876.970, mempunyai ukuran *error MAPE* sebesar 0,91%, dan mempunyai *RMSE* sebesar 6.286.263, dimana hasil tersebut merupakan hasil ukuran *error* paling kecil diantara ketiga orde lainnya. Hasil peramalan pemakaian atau pemakaian KWH pada periode ke depan menggunakan FTS Cheng pada orde tiga ini adalah sebesar 671.998.538 KWH.

6.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diajukan berdasarkan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut.

1. Instansi terkait dapat mempertimbangkan hasil prediksi dari *FTS* Cheng orde ke tiga pada penelitian ini sebagai salah satu masukan atau saran dalam

2. strategi untuk mempersiapkan ketersediaan kapasitas KWH yang akan dipakai oleh pelanggan pada periode yang akan datang.
3. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah agar mengembangkan kembali metode *FTS* Cheng dengan menggunakan penentuan banyaknya kelas dengan rumus lain selain rumus Struges, dengan harapan dapat menghasilkan akurasi yang lebih baik daripada menggunakan rumus Struges yang pada penelitian ini gunakan.
4. Menggunakan data yang *up to date* untuk menghasilkan hasil peramalan.
5. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mencoba menggunakan metode *forecast* lainnya untuk meramalkan beberapa periode ke depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Benergi. 2016. "Pengertian Energi Listrik dan Contohnya". Diakses dari <http://benergi.com/pengertian-energi-listrik-dan-contohnya> pada tanggal 2 April 2018.
- Berutu, S. S., 2013. Peramalan Penjualan Dengan Metode Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur. Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Boaisha, S. M., dan Amaitik S. M. 2010. Forecasting Based on Fuzzy Time Series Approach. Proceeding ACIT. University of Gariyounis.
- Bowerman, B. L. dan O'Connell, R.T. 1987. *Time Series Forecasting*. Boston: Duxbury Press.
- Brata, A. S. 2016. "Penerapan Fuzzy Time Series Dalam Peramalan Data Seasonal". Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Chen, S.M. 1996. Forecasting enrollments based on fuzzy time series, *Fuzzy Sets and Systems* 81, pp. 311-319.
- Cheng, C.H., Chen, S.M., Teoth, H.J., dan Chiang, C.H. 2008. Fuzzy Time Series Based on Adaptive Expectation Model for TAIEX Forecasting. *Journal of Expert System Application*, 34 (2): 1126-1132.
- Fadhillah, A., Betizza, M., dan Ritha, N. 2017. "Perbandingan Model Chen Dan Model Cheng Pada Algoritma Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Harga Bahan Pokok". Kepulauan Riau: Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Fahmi, T., Sudarno, dan Wulandari, Y. 2013. Perbandingan Metode Eksponensial Tunggal dan Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan. *Jurnal Gaussian*, 2, 137-146.
- Gujarati, D. N. 2005. *Basic Econometrics, International Edition*, edisi ke-4. New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Gumelar, G. 2017. "Revisi Target, PLN Koreksi Pertumbuhan Konsumsi Listrik". Diakses dari <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20170125092537-85-188762/revisi-target-pln-koreksi-pertumbuhan-konsumsi-listrik> pada tanggal 2 April 2018.

- Hansun, S. 2012. Peramalan Data IHSG Menggunakan Fuzzy Time Series. IJCCS, Vol.6, No.2, July2012, pp. 79~88.
- Harian Jogja. 2016. "Ketersediaan Energi Listrik di DIY Melimpah". Diakses dari <http://www.harianjogja.com/baca/2016/05/13/ketersediaan-energi-listrik-di-diy-melimpah-719224> pada tanggal 4 April 2018.
- Heizer, J. dan Barry R. 2001. *Operation Management, 6th edition*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Hery, A. 2015. "Pengertian Energi Listrik, Fungsi Energi Listrik, dan Sumber Energi Listrik". Diambil dari situs <http://www.ilmusahid.com/2015/09/pengertian-energi-listrik-fungsi-energi.html> pada tanggal 1 Maret 2018.
- Ikhsan, M. 2018. "Motor Listrik Gesits Diluncurkan pada 17 Agustus". Diakses dari <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20180211224356-384-275483/motor-listrik-gesits-diluncurkan-pada-17-agustus> pada tanggal 2 April 2018.
- Jang, S. dan Mizutani. 1997. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Jogja TV. 2017. "Mengenal Manfaat 1 KWH". Diakses dari <http://jogjatv.tv/mengenal-manfaat-1-kwh/> pada tanggal 4 April 2017.
- Kliktekno. 2014. "Artikel Perkembangan Teknologi Informasi". Diakses dari <http://www.kliktekno.id/perkembangan-teknologi-informasi.html> pada tanggal 16 April 2018.
- Kontan. 2017. "Jokowi: Kebutuhan listrik disesuaikan pertumbuhan". Diakses dari <http://nasional.kontan.co.id/news/jokowi-kebutuhan-listrik-disesuaikan-pertumbuhan> pada tanggal 17 April 2018.
- Kuliah Jogja. 2017. "Daftar Kampus di Jogjakarta". Diakses dari <http://kuliahjogja.com/daftar-kampus-yogyakarta/> pada tanggal 3 April 2018.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo H. 2013. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Linangkung, E. 2016. "Pelanggan Listrik 900 VA di Yogyakarta Akan Kehilangan Subsidi Listrik". Diakses dari <https://ekbis.sindonews.com/read/1155554/34/pelanggan-listrik-900-va-di-yogyakarta-akan-kehilangan-subsidi-listrik-1479207819> pada tanggal 4 April 2018.

- Makridakis, S. dan Wheelwright, S. C. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., dan McGee, C.E. 1995. *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Martiningtyas, N. 2004. *Buku Materi Kuliah STIKOM Statistika*. Surabaya : STIKOM Surabaya.
- Mulyana, D. 2004. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Myers, R. H. 1990. *Classical and Modern Regression with Applications*. Second edition. Psw-Kent Publishing.com.
- PLN Area Yogyakarta. 2016. “Laporan Penjualan Tenaga Listrik Versi Pusat Total”. Yogyakarta.
- Song, Q. dan Chissom, B.S. 1993. Forecasting enrollments with fuzzy time series - part I, *Fuzzy Sets and Systems* 54, pp. 1-9.
- _____ . 1993. Fuzzy time series and its models, *Fuzzy Sets and Systems* 54, pp. 269-277.
- Song, Q. dan Chissom, B.S. 1994. Forecasting enrollments with fuzzy time series - part II, *Fuzzy Sets and Systems* 62, pp. 1-8.
- Riduwan. 2010. *Metode dan Teknik Menyusun Tesis*. Bandung: Alfabeta.
- Robandi, I. 2006. *Desain Sistem Tenaga Modern Optimasi Logika Fuzzy Algoritma Genetika*. Yogyakarta: Andi.
- Rusdi. 2011. “Uji Akar-Akar Unit dalam Model Runtun Waktu Autoregresif”. *Statistika*, Vol. 11 No. 2, 67 – 78.
- Shumway, R.H. dan Stoffer, D.S. 2006. *Time Series Analysis and Its Applications with R Examples*. 2nd edition, Berlin: Springer.
- Sibigtroth, J.M. 1992. *Implementing Fuzzy Expert Rules in Hardware*. *The Magazine of Artificial Intelligence in Practice* Vol. 7 (4): 25-3.
- Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Jakarta: Karunika.
- Star Jogja. 2017. “Tarif Listrik Naik Dari 585 Per Kwh Menjadi 1352 Per Kwh”. Diakses dari <http://www.starjogja.com/2017/01/06/tarif-listrik-naik-dari-585-per-kwh-menjadi-1352-per-kwh/> pada tanggal 5 April 2018.

- Steemit. 2017. "Dampak Negatif dan Positif Saat Padam Listrik". Diakses dari <https://steemit.com/story/@fajarsdq/dampak-negatif-dan-positif-saat-padam-listrik-2017731t24946339z> pada tanggal 17 April 2018.
- Sumartini, Hayati, M.N., dan Wahyuningsih, S. 2017. "Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng". Jurnal Eksponensial Volume 8, Nomor 1.
- Supranto. 2001. *Statistik teori dan aplikasi*. Erlangga: Jakarta.
- Susilo, F. 2003. *Himpunan dan Logika Kabur*. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Susilo, F. 2006. *Himpunan dan Logika Kabur serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sutikno, I.P. 2012. Perbandingan Metode Deffuzifikasi Sistem Kendali Logika Fuzzy Model Madani. *Jurnal Masyarakat Informatika*, 2 (3):27-38.
- Tauryawati, Mey, L., dan Irawan, M. I. 2014. "Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi IHSG". *Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 3, No. 2*, (2014) ISSN: 2337-3539.
- Tempo. 2016. "Rumah Sakit Keberatan atas Kenaikan Tarif Listrik". Diakses dari <https://bisnis.tempo.co/read/775891/rumah-sakit-keberatan-atas-kenaikan-tarif-listrik> pada tanggal 5 April 2018.
- Viot, G. 1993. *Fuzzy Logic: Concepts to Construct*. The Magazine of Artificial Inteligance in Practice 8 (11): 26-33.
- Viva. 2016. "Wapres JK: Listrik Kini Kebutuhan Pokok, Bukan Kemewahan". Diakses dari <https://www.viva.co.id/berita/bisnis/827597-wapres-jk-listrik-kini-kebutuhan-pokok-bukan-kemewahan> pada tanggal 16 April 2018.
- Wei, W S. 1990. *Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods*. Addison Wesley Publishing Company, Inc.
- Wei, W S. 2006. *Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Method Second Edition*. New York: Pearson Education.
- Winarno, W. W. 2011. *Analisis Ekonometrika dan Statistika dengan Eviews Edisi 3*. Yogyakarta: Unit Penerbit dan Percetakan STIM YKPN Yogyakarta.
- Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8 : 338-353.

Lampiran 1. Penentuan Panjang Kelas

U	357,863,594	685,656,579			
R	327,792,985				
K	6				
I	54,632,164				
	b.atas	b.bawah	jml data	jml sub int	lebar sub int
u1	357,863,594	412,495,758	9	5	10,926,433
u2	412,495,758	467,127,922	9	5	10,926,433
u3	467,127,922	521,760,087	6	3	18,210,721
u4	521,760,087	576,392,251	4	1	54,632,164
u5	576,392,251	631,024,415	7	4	13,658,041
u6	631,024,415	685,656,579	5	2	27,316,082

Lampiran 2. Batas baru menggunakan distribusi frekuensi kepadatan

Ai	b. atas	b.bawah	midpoin	range
A1	357,863,594	368,790,027	363,326,810	10,926,433
A2	368,790,027	379,716,460	374,253,243	10,926,433
A3	379,716,460	390,642,893	385,179,676	10,926,433
A4	390,642,893	401,569,325	396,106,109	10,926,433
A5	401,569,325	412,495,758	407,032,542	10,926,433
A6	412,495,758	423,422,191	417,958,975	10,926,433
A7	423,422,191	434,348,624	428,885,407	10,926,433
A8	434,348,624	445,275,057	439,811,840	10,926,433
A9	445,275,057	456,201,490	450,738,273	10,926,433
A10	456,201,490	467,127,922	461,664,706	10,926,433
A11	467,127,922	485,338,644	476,233,283	18,210,721
A12	485,338,644	503,549,365	494,444,004	18,210,721
A13	503,549,365	521,760,087	512,654,726	18,210,721
A14	521,760,087	576,392,251	549,076,169	54,632,164
A15	576,392,251	590,050,292	583,221,271	13,658,041
A16	590,050,292	603,708,333	596,879,312	13,658,041
A17	603,708,333	617,366,374	610,537,353	13,658,041
A18	617,366,374	631,024,415	624,195,394	13,658,041
A19	631,024,415	658,340,497	644,682,456	27,316,082
A20	658,340,497	685,656,579	671,998,538	27,316,082

Lampiran 3. FLRG Orde Satu

FLRG				
A1	A2			
A2	A2	A3		
A3	A3	A5		
A4	A5	A7		
A5	2(A4)			
A7	A7	A8		
A8	A8	A10		
A9	A10	A11		
A10	2(A9)	A12		
A11	A10			
A12	A12	A13	A14	
A13	A12	A14		
A14	A13	A14	A15	A17
A15	A14	A18		
A16	A18	A20		
A17	A15			
A18	2(A16)			
A20	4(A20)			

Lampiran 4. Hasil FLR dan Defuzzifikasi Orde Satu

Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR	Defuzzifikasi	error	abs error	mape
2007	I	357,863,594	A1					
	II	370,353,127	A2	A1--A2	374,253,243	(3,900,116)	3900116	1.05
	III	372,683,448	A2	A2--A2	379,716,460	(7,033,012)	7033012	1.89
	IV	380,675,373	A3	A2--A3	379,716,460	958,913	958913.3	0.25
2008	I	386,048,074	A3	A3--A3	396,106,109	(10,058,035)	10058035	2.61
	II	410,035,215	A5	A3--A5	396,106,109	13,929,106	13929106	3.40
	III	391,238,077	A4	A5--A4	396,106,109	(4,868,032)	4868032	1.24
	IV	404,319,902	A5	A4--A5	417,958,975	(13,639,073)	13639073	3.37
2009	I	399,238,005	A4	A5--A4	396,106,109	3,131,896	3131896	0.78
	II	428,338,750	A7	A4--A7	417,958,975	10,379,775	10379775	2.42
	III	425,189,955	A7	A7--A7	434,348,624	(9,158,669)	9158669	2.15
	IV	436,086,718	A8	A7--A8	434,348,624	1,738,094	1738094	0.40
2010	I	438,518,732	A8	A8--A8	450,738,273	(12,219,541)	12219541	2.79
	II	461,504,015	A10	A8--A10	450,738,273	10,765,742	10765742	2.33
	III	451,087,351	A9	A10--A9	465,306,850	(14,219,499)	14219499	3.15
	IV	457,839,743	A10	A9--A10	468,948,994	(11,109,251)	11109251	2.43
2011	I	445,522,832	A9	A10--A9	465,306,850	(19,784,018)	19784018	4.44
	II	472,032,367	A11	A9--A11	468,948,994	3,083,373	3083373	0.65
	III	456,839,644	A10	A11--A10	461,664,706	(4,825,062)	4825062	1.06
	IV	495,373,728	A12	A10--A12	465,306,850	30,066,878	30066878	6.07
2012	I	494,882,848	A12	A12--A12	518,724,966	(23,842,118)	23842118	4.82
	II	519,362,076	A13	A12--A13	518,724,966	637,110	637109.7	0.12
	III	496,841,029	A12	A13--A12	521,760,087	(24,919,057)	24919057	5.02
	IV	532,666,062	A14	A12--A14	518,724,966	13,941,096	13941096	2.62
2013	I	517,983,426	A13	A14--A13	563,872,380	(45,888,954)	45888954	8.86
	II	557,473,031	A14	A13--A14	521,760,087	35,712,945	35712945	6.41
	III	541,821,653	A14	A14--A14	563,872,380	(22,050,727)	22050727	4.07
	IV	585,597,415	A15	A14--A15	563,872,380	21,725,035	21725035	3.71
2014	I	563,876,669	A14	A15--A14	586,635,781	(22,759,112)	22759112	4.04
	II	605,946,942	A17	A14--A17	563,872,380	42,074,562	42074562	6.94
	III	578,864,609	A15	A17--A15	583,221,271	(4,356,662)	4356662	0.75
	IV	620,924,497	A18	A15--A18	586,635,781	34,288,716	34288716	5.52
2015	I	590,886,759	A16	A18--A16	596,879,312	(5,992,553)	5992553	1.01
	II	628,260,781	A18	A16--A18	648,096,966	(19,836,185)	19836185	3.16
	III	599,350,983	A16	A18--A16	596,879,312	2,471,671	2471671	0.41
	IV	665,654,860	A20	A16--A20	648,096,966	17,557,894	17557894	2.64
2016	I	660,209,622	A20	A20--A20	671,998,538	(11,788,916)	11788916	1.79
	II	682,159,046	A20	A20--A20	671,998,538	10,160,508	10160508	1.49
	III	670,213,580	A20	A20--A20	671,998,538	(1,784,958)	1784958	0.27
	IV	685,656,579	A20	A20--A20	671,998,538	13,658,041	13658041	1.99
							14367049	2.77

Lampiran 5. Hasil FLR dan Defuzzifikasi Orde Dua

Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR	DEFF	error	abs error	mape
2007	I	357,863,594	A1					
	II	370,353,127	A2					
	III	372,683,448	A2	A1,A2--A2	374253243	(1,569,795)	1569795	0.42
	IV	380,675,373	A3	A2,A2--A3	385179676	(4,504,303)	4504303	1.18
2008	I	386,048,074	A3	A2,A3--A3	385179676	868,398	868397.9	0.22
	II	410,035,215	A5	A3,A3--A5	407032542	3,002,673	3002673	0.73
	III	391,238,077	A4	A3,A5--A4	396106109	(4,868,032)	4868032	1.24
	IV	404,319,902	A5	A5,A4--A5	417958975	(13,639,073)	13639073	3.37
2009	I	399,238,005	A4	A4,A5--A4	396106109	3,131,896	3131896	0.78
	II	428,338,750	A7	A5,A4--A7	417958975	10,379,775	10379775	2.42
	III	425,189,955	A7	A4,A7--A7	428885407	(3,695,452)	3695452	0.87
	IV	436,086,718	A8	A7,A7--A8	439811840	(3,725,122)	3725122	0.85
2010	I	438,518,732	A8	A7,A8--A8	439811840	(1,293,108)	1293108	0.29
	II	461,504,015	A10	A8,A8--A10	461664706	(160,691)	160690.9	0.03
	III	451,087,351	A9	A8,A10--A9	450738273	349,078	349077.9	0.08
	IV	457,839,743	A10	A10,A9--A10	468948994	(11,109,251)	11109251	2.43
2011	I	445,522,832	A9	A9,A10--A9	450738273	(5,215,441)	5215441	1.17
	II	472,032,367	A11	A10,A9--A11	468948994	3,083,373	3083373	0.65
	III	456,839,644	A10	A9,A11--A10	461664706	(4,825,062)	4825062	1.06
	IV	495,373,728	A12	A11,A10--A12	494444004	929,724	929723.6	0.19
2012	I	494,882,848	A12	A10,A12--A12	494444004	438,844	438843.6	0.09
	II	519,362,076	A13	A12,A12--A13	512654726	6,707,350	6707350	1.29
	III	496,841,029	A12	A12,A13--A12	494444004	2,397,025	2397025	0.48
	IV	532,666,062	A14	A13,A12--A14	549076169	(16,410,107)	16410107	3.08
2013	I	517,983,426	A13	A12,A14--A13	512654726	5,328,700	5328700	1.03
	II	557,473,031	A14	A14,A13--A14	549076169	8,396,862	8396862	1.51
	III	541,821,653	A14	A13,A14--A14	549076169	(7,254,516)	7254516	1.34
	IV	585,597,415	A15	A14,A14--A15	583221271	2,376,144	2376144	0.41
2014	I	563,876,669	A14	A14,A15--A14	549076169	14,800,500	14800500	2.62
	II	605,946,942	A17	A15,A14--A17	610537353	(4,590,411)	4590411	0.76
	III	578,864,609	A15	A14,A17--A15	583221271	(4,356,662)	4356662	0.75
	IV	620,924,497	A18	A17,A15--A18	624195394	(3,270,897)	3270897	0.53
2015	I	590,886,759	A16	A15,A18--A16	596879312	(5,992,553)	5992553	1.01
	II	628,260,781	A18	A18,A16--A18	648096966	(19,836,185)	19836185	3.16
	III	599,350,983	A16	A16,A18--A16	596879312	2,471,671	2471671	0.41
	IV	665,654,860	A20	A18,A16--A20	648096966	17,557,894	17557894	2.64
2016	I	660,209,622	A20	A16,A20--A20	671998538	(11,788,916)	11788916	1.79
	II	682,159,046	A20	A20,A20--A20	671998538	10,160,508	10160508	1.49
	III	670,213,580	A20	A20,A20--A20	671998538	(1,784,958)	1784958	0.27
	IV	685,656,579	A20	A20,A20--A20	671998538	13,658,041	13658041	1.99
						6208658	1.18	

Lampiran 6. FLRG Orde Dua

FLRG			
A1,A2		A2	
A2,A2		A3	
A2,A3		A3	
A3,A3		A5	
A3,A5		A4	
A4,A5		A4	
A4,A7		A7	
A5,A4		A5	A7
A7,A7		A8	
A7,A8		A8	
A8,A10		A9	
A8,A8		A10	
A9,A10		A9	
A9,A11		A10	
A10,A12		A12	
A10,A9		A10	A11
A11,A10		A12	
A12,A12		A13	
A12,A13		A12	
A12,A14		A13	
A13,A12		A14	
A13,A14		A14	
A14,A13		A14	
A14,A14		A15	
A14,A15		A14	
A14,A17		A15	
A15,A14		A17	
A15,A18		A16	
A16,A18		A16	
A16,A20		A20	
A17,A15		A18	
A18,A16		A18	A20
A20,A20		3(A20)	

Lampiran 7. Hasil FLR dan Defuzzifikasi Orde Tiga

Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR	DEFF	ERROR	ABS	MAPE
2007	I	357,863,594	A1					
	II	370,353,127	A2					
	III	372,683,448	A2					
	IV	380,675,373	A3	A1,A2,A2--A3	385179676	(4,504,303)	4504303	1.18
2008	I	386,048,074	A3	A2,A2,A3--A3	385179676	868,398	868397.9	0.22
	II	410,035,215	A5	A2,A3,A3--A5	407032542	3,002,673	3002673	0.73
	III	391,238,077	A4	A3,A3,A5--A4	396106109	(4,868,032)	4868032	1.24
	IV	404,319,902	A5	A3,A5,A4--A5	407032542	(2,712,640)	2712640	0.67
2009	I	399,238,005	A4	A5,A4,A5--A4	396106109	3,131,896	3131896	0.78
	II	428,338,750	A7	A4,A5,A4--A7	428885407	(546,657)	546657.4	0.13
	III	425,189,955	A7	A5,A4,A7--A7	428885407	(3,695,452)	3695452	0.87
	IV	436,086,718	A8	A4,A7,A7--A8	439811840	(3,725,122)	3725122	0.85
2010	I	438,518,732	A8	A7,A7,A8--A8	439811840	(1,293,108)	1293108	0.29
	II	461,504,015	A10	A7,A8,A8--A10	461664706	(160,691)	160690.9	0.03
	III	451,087,351	A9	A8,A8,A10--A9	450738273	349,078	349077.9	0.08
	IV	457,839,743	A10	A8,A10,A9--A10	461664706	(3,824,963)	3824963	0.84
2011	I	445,522,832	A9	A10,A9,A10--A9	450738273	(5,215,441)	5215441	1.17
	II	472,032,367	A11	A9,A10,A9--A11	476233283	(4,200,916)	4200916	0.89
	III	456,839,644	A10	A10,A9,A11--A10	461664706	(4,825,062)	4825062	1.06
	IV	495,373,728	A12	A9,A11,A10--A12	494444004	929,724	929723.6	0.19
2012	I	494,882,848	A12	A11,A10,A12--A12	494444004	438,844	438843.6	0.09
	II	519,362,076	A13	A10,A12,A12--A13	512654726	6,707,350	6707350	1.29
	III	496,841,029	A12	A12,A12,A13--A12	494444004	2,397,025	2397025	0.48
	IV	532,666,062	A14	A12,A13,A12--A14	549076169	(16,410,107)	16410107	3.08
2013	I	517,983,426	A13	A13,A12,A14--A13	512654726	5,328,700	5328700	1.03
	II	557,473,031	A14	A12,A14,A13--A14	549076169	8,396,862	8396862	1.51
	III	541,821,653	A14	A14,A13,A14--A14	549076169	(7,254,516)	7254516	1.34
	IV	585,597,415	A15	A13,A14,A14--A15	583221271	2,376,144	2376144	0.41
2014	I	563,876,669	A14	A14,A14,A15--A14	549076169	14,800,500	14800500	2.62
	II	605,946,942	A17	A14,A15,A14--A17	610537353	(4,590,411)	4590411	0.76
	III	578,864,609	A15	A15,A14,A17--A15	583221271	(4,356,662)	4356662	0.75
	IV	620,924,497	A18	A14,A17,A15--A18	624195394	(3,270,897)	3270897	0.53
2015	I	590,886,759	A16	A17,A15,A18--A16	596879312	(5,992,553)	5992553	1.01
	II	628,260,781	A18	A15,A18,A16--A18	624195394	4,065,387	4065387	0.65
	III	599,350,983	A16	A18,A16,A18--A16	596879312	2,471,671	2471671	0.41
	IV	665,654,860	A20	A16,A18,A16--A20	671998538	(6,343,678)	6343678	0.95
2016	I	660,209,622	A20	A18,A16,A20--A20	671998538	(11,788,916)	11788916	1.79
	II	682,159,046	A20	A16,A20,A20--A20	671998538	10,160,508	10160508	1.49
	III	670,213,580	A20	A20,A20,A20--A20	671998538	(1,784,958)	1784958	0.27
	IV	685,656,579	A20	A20,A20,A20--A20	671998538	13,658,041	13658041	1.99
			Ft				4876970	0.91

Lampiran 8. FLRG Orde Tiga

FLRG	
A1,A2,A2	A3
A2,A3,A3	A5
A2,A2,A3	A3
A3,A5,A4	A5
A3,A3,A5	A4
A4,A7,A7	A8
A4,A5,A4	A7
A5,A4,A7	A7
A5,A4,A5	A4
A7,A8,A8	A10
A7,A7,A8	A8
A8,A8,A10	A9
A8,A10,A9	A10
A9,A11,A10	A12
A9,A10,A9	A11
A10,A12,A12	A13
A10,A9,A10	A9
A10,A9,A11	A10
A11,A10,A12	A12
A12,A12,A13	A12
A12,A13,A12	A14
A12,A14,A13	A14
A13,A12,A14	A13
A13,A14,A14	A15
A14,A13,A14	A14
A14,A14,A15	A14
A14,A15,A14	A17
A14,A17,A15	A18
A15,A14,A17	A15
A15,A18,A16	A18
A16,A18,A16	A20
A16,A20,A20	A20
A17,A15,A18	A16
A18,A16,A18	A16
A18,A16,A20	A20
A20,A20,A20	2(A20)

Lampiran 9. Panjang Interval Cheng tanpa distribusi frekuensi kepadatan

d_min	357,863,594
d_max	685,656,579
d_1	7,863,594
d_2	4,343,421
d_baru_1	350000000
d_baru_2	690000000
struges	6.322043291
p intrvl	56666667

Lampiran 10. Kelas Interval

	interval		MID P
u1	350000000	406666667	378333333
u2	406666667	463333333	435000000
u3	463333333	520000000	491666667
u4	520000000	576666667	548333333
u5	576666667	633333333	605000000
u6	633333333	690000000	661666667

Lampiran 11. Cheng orde dua terbaik (tanpa distribusi frekuensi kepadatan)

Tahun	Triwulan	kwh	Interval	Fuzzified	FLRG's	Forecast	error	abs error	mape	
2007	I	357,863,594	350000000	406666667	A1					
	II	370,353,127	350000000	406666667	A1					
	III	372,683,448	350000000	406666667	A1	A1,A1--A1	397222222 (24,538,774)	24,538,774.22	6.584348	
	IV	380,675,373	350000000	406666667	A1	A1,A1--A1	397222222 (16,546,849)	16,546,849.22	4.346709	
2008	I	386,048,074	350000000	406666667	A1	A1,A1--A1	397222222 (11,174,148)	11,174,148.22	2.894497	
	II	410,035,215	406666667	463333333	A2	A1,A1--A2	397222222	12,812,993	12,812,992.78	3.124852
	III	391,238,077	350000000	406666667	A1	A1,A2--A1	406666667 (15,428,590)	15,428,589.67	3.94353	
	IV	404,319,902	350000000	406666667	A1	A2,A1--A1	378333333	25,986,569	25,986,568.67	6.42723
2009	I	399,238,005	350000000	406666667	A1	A1,A1--A1	397222222	2,015,783	2,015,782.78	0.504908
	II	428,338,750	406666667	463333333	A2	A1,A1--A2	397222222	31,116,528	31,116,527.78	7.264467
	III	425,189,955	406666667	463333333	A2	A1,A2--A2	406666667	18,523,288	18,523,288.33	4.356474
	IV	436,086,718	406666667	463333333	A2	A2,A2--A2	443095238	(7,008,520)	7,008,520.10	1.607139
2010	I	438,518,732	406666667	463333333	A2	A2,A2--A2	443095238	(4,576,506)	4,576,506.10	1.043628
	II	461,504,015	406666667	463333333	A2	A2,A2--A2	443095238	18,408,777	18,408,776.90	3.988866
	III	451,087,351	406666667	463333333	A2	A2,A2--A2	443095238	7,992,113	7,992,112.90	1.771744
	IV	457,839,743	406666667	463333333	A2	A2,A2--A2	443095238	14,744,505	14,744,504.90	3.220451
2011	I	445,522,832	406666667	463333333	A2	A2,A2--A2	443095238	2,427,594	2,427,593.90	0.544887
	II	472,032,367	463333333.3	520000000	A3	A2,A2--A3	443095238	28,937,129	28,937,128.90	6.130327
	III	456,839,644	406666667	463333333	A2	A2,A3--A2	463333333	(6,493,689)	6,493,689.33	1.421437
	IV	495,373,728	463333333.3	520000000	A3	A3,A2--A3	491666667	3,707,061	3,707,061.33	0.748336
2012	I	494,882,848	463333333.3	520000000	A3	A2,A3--A3	463333333	31,549,515	31,549,514.67	6.375148
	II	519,362,076	463333333.3	520000000	A3	A3,A3--A3	510555556	8,806,520	8,806,520.44	1.695642
	III	496,841,029	463333333.3	520000000	A3	A3,A3--A3	510555556	(13,714,527)	13,714,526.56	2.760345
	IV	532,666,062	520000000	576666667	A4	A3,A3--A4	510555556	22,110,506	22,110,506.44	4.150913
2013	I	517,983,426	463333333.3	520000000	A3	A3,A4--A3	520000000	(2,016,574)	2,016,574.00	0.389312
	II	557,473,031	520000000	576666667	A4	A4,A3--A4	548333333	9,139,698	9,139,697.67	1.639487
	III	541,821,653	520000000	576666667	A4	A3,A4--A4	520000000	21,821,653	21,821,653.00	4.02746
	IV	585,597,415	576666667	633333333	A5	A4,A4--A5	605000000	(19,402,585)	19,402,585.00	3.313298
2014	I	563,876,669	520000000	576666667	A4	A4,A5--A4	576666667	(12,789,998)	12,789,997.67	2.268226
	II	605,946,942	576666667	633333333	A5	A5,A4--A5	605000000	946,942	946,942.00	0.156275
	III	578,864,609	576666667	633333333	A5	A4,A5--A5	576666667	2,197,942	2,197,942.33	0.379699
	IV	620,924,497	576666667	633333333	A5	A5,A5--A5	616333333	4,591,164	4,591,163.67	0.739408
2015	I	590,886,759	576666667	633333333	A5	A5,A5--A5	616333333	(25,446,574)	25,446,574.33	4.306506
	II	628,260,781	576666667	633333333	A5	A5,A5--A5	616333333	11,927,448	11,927,447.67	1.898487
	III	599,350,983	576666667	633333333	A5	A5,A5--A5	616333333	(16,982,350)	16,982,350.33	2.833457
	IV	665,654,860	633333333.3	690000000	A6	A5,A5--A6	616333333	49,321,527	49,321,526.67	7.409474
2016	I	660,209,622	576666667	633333333	A6	A5,A6--A6	661666667	(1,457,045)	1,457,044.67	0.220694
	II	682,159,046	633333333.3	690000000	A6	A6,A6--A6	661666667	20,492,379	20,492,379.33	3.004047
	III	670,213,580	633333333.3	690000000	A6	A6,A6--A6	661666667	8,546,913	8,546,913.33	1.275252
	IV	685,656,579	633333333.3	690000000	A6	A6,A6--A6	661666667	23,989,912	23,989,912.33	3.498823
								14,728,715.48	2.954363	

Lampiran 12. FLRG Cheng orde dua (tanpa distribusi frekuensi kepadatan)

grup	syarat	nilai
grup 1	A1,A1	4(A1),2(A2)
grup 2	A1,A2	A1,A2
grup 3	A2,A1	A1
grup 4	A2,A2	6(A2),A3
grup 5	A2,A3	A2,A3
grup 6	A3,A2	A3
grup 7	A3,A3	2(A3),A4
grup 8	A3,A4	A3,A4
grup 9	A4,A3	A4
grup 10	A4,A4	A5
grup 11	A4,A5	A4,A5
grup 12	A5,A4	A5
grup 13	A5,A5	4(A5),A6
grup 14	A5,A6	A6
grup 15	A6,A6	3(A6)

Lampiran 13. Hasil Holt DES

Periode (t)	Data (yt)	L(t)	b(t)	F(t+1)	error	absolut	mape
1	357,863,594	357,863,594	12,489,533				
2	370,353,127	357,863,594.00	6,244,766.50	370353127	-	0	-
3	372,683,448	362,151,137.75	5,266,155.13	364108361	8,575,088	8575088	2.30
4	380,675,373	368,780,177.81	5,947,597.59	367417293	13,258,080	13258080	3.48
5	386,048,074	374,440,327.11	5,803,873.45	374727775	11,320,299	11320299	2.93
6	410,035,215	389,335,834.33	10,349,690.33	380244201	29,791,014	29791014	7.27
7	391,238,077	385,112,110.50	3,062,983.25	399685525	(8,447,448)	8447448	2.16
8	404,319,902	393,184,514.62	5,567,693.69	388175094	16,144,808	16144808	3.99
9	399,238,005	393,427,412.97	2,905,296.02	398752208	485,797	485796.7	0.12
10	428,338,750	409,430,433.48	9,454,158.26	396332709	32,006,041	32006041	7.47
11	425,189,955	412,583,115.11	6,303,419.95	418884592	6,305,363	6305363	1.48
12	436,086,718	421,183,206.58	7,451,755.71	418886535	17,200,183	17200183	3.94
13	438,518,732	426,125,091.44	6,196,820.28	428634962	9,883,770	9883770	2.25
14	461,504,015	440,716,143.08	10,393,935.96	432321912	29,182,103	29182103	6.32
15	451,087,351	440,704,779.06	5,191,285.97	451110079	(22,728)	22728.04	0.01
16	457,839,743	446,676,618.04	5,581,562.48	445896065	11,943,678	11943678	2.61
17	445,522,832	443,308,943.78	1,106,944.11	452258181	(6,735,349)	6735349	1.51
18	472,032,367	457,117,183.34	7,457,591.83	444415888	27,616,479	27616479	5.85
19	456,839,644	453,249,617.75	1,795,013.12	464574775	(7,735,131)	7735131	1.69
20	495,373,728	473,414,166.31	10,979,780.84	455044631	40,329,097	40329097	8.14
21	494,882,848	478,658,616.74	8,112,115.63	484393947	10,488,901	10488901	2.12
22	519,362,076	494,954,288.55	12,203,893.72	486770732	32,591,344	32591344	6.28
23	496,841,029	489,795,711.91	3,522,658.54	507158182	(10,317,153)	10317153	2.08
24	532,666,062	509,469,557.69	11,598,252.16	493318370	39,347,692	39347692	7.39
25	517,983,426	507,927,365.76	5,028,030.12	521067810	(3,084,384)	3084384	0.60
26	557,473,031	530,186,183.32	13,643,423.84	512955396	44,517,635	44517635	7.99
27	541,821,653	529,182,206.24	6,319,723.38	543829607	(2,007,954)	2007954	0.37
28	585,597,415	554,229,948.93	15,683,733.03	535501930	50,095,485	50095485	8.55
29	563,876,669	551,211,442.45	6,332,613.28	569913682	(6,037,013)	6037013	1.07
30	605,946,942	575,412,885.59	15,267,028.21	557544056	48,402,886	48402886	7.99
31	578,864,609	569,505,233.19	4,679,687.91	590679914	(11,815,305)	11815305	2.04
32	620,924,497	592,875,021.14	14,024,737.93	574184921	46,739,576	46739576	7.53
33	590,886,759	584,868,521.11	3,009,118.95	606899759	(16,013,000)	16013000	2.71
34	628,260,781	605,060,091.58	11,600,344.71	587877640	40,383,141	40383141	6.43
35	599,350,983	596,405,364.94	1,472,809.03	616660436	(17,309,453)	17309453	2.89
36	665,654,860	630,293,707.95	17,680,576.02	597878174	67,776,686	67776686	10.18
37	660,209,622	636,411,376.96	11,899,122.52	647974284	12,235,338	12235338	1.85
38	682,159,046	653,335,650.22	14,411,697.89	648310499	33,848,547	33848547	4.96
39	670,213,580	654,568,766.17	7,822,406.92	667747348	2,466,232	2466232	0.37
40	685,656,579	666,201,469.13	9,727,554.94	662391173	23,265,406	23265406	3.39
						20403220	3.85

Lampiran 14. Hasil ARIMA

Forecast: KWHF	
Actual: KWH	
Forecast sample: 1 41	
Adjusted sample: 3 41	
Included observations: 38	
Root Mean Squared Error	10813780
Mean Absolute Error	8659418.
Mean Abs. Percent Error	1.694559
Theil Inequality Coefficient	0.010359
Bias Proportion	0.000000
Variance Proportion	0.024391
Covariance Proportion	0.975609

Lampiran 15. Skrip FTS Markov Chain

```
1 #-----SYNTAX-----#
2 #-----#
3 # Input Data Historis
4 data=scan()
5 data
6 #-----#
7 #Plot Data Aktual
8 plot(c(2:length(data)),data[c(2:length(data))],type="l",xlab="periode",ylab="nilai tukar rupiah")
9 #-----#
10 #Mencari Data Maksimum Dan Data Minimum
11 minimal=min(data)
12 maksimal=max(data)
13
14 minimal
15 maksimal
16 #-----#
17
18 #-----#
19 # Mencari Data Minimum baru dan Data Maksimum Baru Untuk dijadikan sebagai Batas atas dan batas
20 #bawah interval semesta pembicaraan U #
21 min.baru=minimal- 7863594
22 max.baru=maksimal+ 4343421
23 min.baru
24 max.baru
25 #-----#
26 #Panjang Interval
27 n=6
28 L=(max.baru-min.baru)/n
29 L
30 #-----#
31 # Batas-batas interval
32 intrv.1=seq(min.baru,max.baru,len=7)
33 intrv.1
34 #-----#
35 # pembagian interval dan membentuk himpunan fuzzy
36 box1=data.frame(NA,nrow=length(intrv.1)-1,ncol=3)
```

```

36 box1=data.frame(NA,nrow=length(intrv.1)-1,ncol=3)
37 names(box1)=c("bawah","atas","kel")
38
39 for (i in 1:length(intrv.1)-1)
40 {
41   box1[i,1]=intrv.1[i]
42   box1[i,2]=intrv.1[i+1]
43   box1[i,3]=i
44 }
45 box1
46 #=====
47 # nilai tengah interval
48 n.tengah=data.frame(tengah=(box1[,1]+box1[,2])/2,ke1=box1[,3])
49 n.tengah
50 #=====
51 #fuzzyfikasi ke data aktual
52 out1=NULL
53 for (i in 1:length(data))
54 {
55   if (data[i]>=box1[1,1] && data[i]<box1[1,2]) out1[i]=box1[1,3] else
56   if (data[i]>=box1[2,1] && data[i]<box1[2,2]) out1[i]=box1[2,3] else
57   if (data[i]>=box1[3,1] && data[i]<box1[3,2]) out1[i]=box1[3,3] else
58   if (data[i]>=box1[4,1] && data[i]<box1[4,2]) out1[i]=box1[4,3] else
59   if (data[i]>=box1[5,1] && data[i]<box1[5,2]) out1[i]=box1[5,3] else
60   if (data[i]>=box1[6,1] && data[i]<box1[6,2]) out1[i]=box1[6,3] else
61   out1[i]=box1[7,3]
62 }
63 out1
64 #=====
65 #fuzzyfikasi ke data asal
66 fuzzyfy=cbind(data,out1)
67 fuzzyfy
68 #=====
69 # LHS( left hand side)
70 out2=NA
71 for (i in 1:length(out1))
72 {
73   out2[i+1]=out1[i]
74 }
75 out2=out2[-(length(out2))]
76 out2
77 #=====
78 # RHS( right hand side)
79 out3=NA
80 for (i in 2:length(out1))
81 {
82   out3[i]=out1[i]
83 }
84 out3
85 #=====
86 # susunan data fuzzyfikasi,LHS dan RHS
87 hasil2=cbind(out1,out2,out3)
88 hasil2
89 #=====
90 # susunan data fuzzyfikasi,LHS dan RHS dengan satu orde ditandai mundur 1 langkah
91 hasil2=hasil2[-1,]
92 hasil2
93 #=====
94 # susunan data fuzzyfikasi,LHS dan RHS dengan satu orde ditandai mundur 1 langkah fixes
95 hasil2=as.data.frame(hasil2)
96 hasil2
97 #=====
98 # jumlah transisi tiap state
99 m.count=table(hasil2[,2:3])
100 m.count
101 #=====
102 #FUZZY LOGICAL RELATION GROUP (FLRG)
103 FLRG=matrix(rep(0,(6*6)),ncol=6)
104 for (i in 1:nrow(hasil2))
105 {
106   for (i in 1:6)

```

```

107-   {
108-     for (k in 1:6)
109-     {
110-       if (hasil2[i,2]==j && hasil2[i,3]==k) FLRG[j,k]=FLRG[j,k]+1
111-     }
112-   }
113- }
114- FLRG
115- #=====#
116- # matriks transisi
117- m.trans=prop.table(table(hasil2[,2:3]),1)
118- m.trans
119- #=====#
120- # pembulatan peluang matriks transisi
121- m.trans.1=round(prop.table(table(hasil2[,2:3]),1),3)
122- m.trans.1
123- #=====#
124- # forcaseting value (peramalan awal)
125- ramal=NULL
126- for (i in 1:nrow(hasil2))
127- {
128-   if (out1[i]==1) {ramal[i]=m.trans[1,1]*data[i]+m.trans[1,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[1,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[1,4]*n.tengah[4,1]}
129-   if (out1[i]==2) {ramal[i]=m.trans[2,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[2,2]*data[i]+m.trans[2,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[2,4]*n.tengah[4,1]}
130-   if (out1[i]==3) {ramal[i]=m.trans[3,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[3,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[3,3]*data[i]+m.trans[3,4]*n.tengah[4,1]}
131-   if (out1[i]==4) {ramal[i]=m.trans[4,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[4,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[4,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[4,4]*n.tengah[4,1]}
132-   if (out1[i]==5) {ramal[i]=m.trans[5,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[5,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[5,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[5,4]*n.tengah[4,1]}
133-   {ramal[i]=m.trans[6,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[6,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[6,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[6,4]*n.tengah[4,1]}
134- }
135- }
136- ramal
137- #=====#
138- # adjusted forecasting value (tahapan smoothing, peramalan tahap kedua)
139- adjusted=rep(0,nrow(hasil2))
140- selisih=hasil2[,3]-hasil2[,2]
141- for (i in 1:nrow(hasil2))
142- {

```

```

141-   for (i in 1:nrow(hasil2))
142-   {
143-     for (j in 1:6)
144-     {
145-       for (k in 1:6)
146-       {
147-         if (hasil2[i,2]!=hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]==0) {adjusted[i]=selisih[i]*(L/2)} else #Untuk tidak communicate
148-         if (hasil2[i,2]>hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]==0) {adjusted[i]=selisih[i]*(L/2)} else #Untuk tidak communicate
149-         if (hasil2[i,2]<hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]==0) {adjusted[i]=selisih[i]*(L/2)} else #Untuk tidak communicate
150-         if (hasil2[i,2]<hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]>0) {adjusted[i]=(L)} else #Untuk communicate
151-         if (hasil2[i,2]>hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]>0) {adjusted[i]=(-L)} else #Untuk tidak communicate
152-         if (hasil2[i,2]!=hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]>0) {adjusted[i]=selisih[i]*L/2} } #Untuk tidak communicate
153-       }
154-     }
155-   }
156-   adjusted
157- #=====#
158- # adjusted forecasting value ( peramalan tahap akhir)
159- adj.forecast=adjusted+ramal
160- adj.forecast
161- #=====#
162- # checking besar error
163- data.b=data[c(2:length(data))]
164- MAPEFTSMC=(sum(abs(data.b-adj.forecast)/data.b))*(100/length(data))
165- MAPEFTSMC
166- #=====#
167- # forecasting hanya satu periode kedepan FTSMC
168- if (hasil2[nrow(hasil2),1]==1) {ramal.s=m.trans[1,1]*data[length(data)]+m.trans[1,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[1,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[1,4]*n.tengah[4,1]}
169- if (hasil2[nrow(hasil2),1]==2) {ramal.s=m.trans[2,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[2,2]*data[length(data)]+m.trans[2,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[2,4]*n.tengah[4,1]}
170- if (hasil2[nrow(hasil2),1]==3) {ramal.s=m.trans[3,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[3,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[3,3]*data[length(data)]+m.trans[3,4]*n.tengah[4,1]}
171- if (hasil2[nrow(hasil2),1]==4) {ramal.s=m.trans[4,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[4,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[4,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[4,4]*n.tengah[4,1]}
172- if (hasil2[nrow(hasil2),1]==5) {ramal.s=m.trans[5,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[5,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[5,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[5,4]*n.tengah[4,1]}
173- if (hasil2[nrow(hasil2),1]==6) {ramal.s=m.trans[6,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[6,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[6,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[6,4]*n.tengah[4,1]}
174- ramal.s
175- }
176- ramal.s

```

```

178 - #=====
179 #Ramalan FTSMC periode kedepan dengan informasi seluruh data
180
181 ramalkdepan=NULL
182 for (i in 1:length(data))
183 {
184 if (out1[i]==1) {ramalkdepan[i]=m.trans[1,1]*data[i]+m.trans[1,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[1,3]*n.tengah[3,1]+m.trans
185 if (out1[i]==2) {ramalkdepan[i]=m.trans[2,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[2,2]*data[i]+m.trans[2,3]*n.tengah[3,1]+m.trans
186 if (out1[i]==3) {ramalkdepan[i]=m.trans[3,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[3,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[3,3]*data[i]+m.trans
187 if (out1[i]==4) {ramalkdepan[i]=m.trans[4,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[4,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[4,3]*n.tengah[3,1]+m
188 if (out1[i]==5) {ramalkdepan[i]=m.trans[5,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[5,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[5,3]*n.tengah[3,1]+m
189 [ramalkdepan[i]=m.trans[6,1]*n.tengah[1,1]+m.trans[6,2]*n.tengah[2,1]+m.trans[6,3]*n.tengah[3,1]+m.trans[6,4]*n.tei
190
191 }
192 ramalkdepan
193 #=====
194 # adjusted value (tahapan smoothing, peramalan tahap kedua)
195 adjustedramal=rep(0,length(data))
196 selisih=hasil2[,3]-hasil2[,2]
197 for (i in 1:length(data))
198 {
199   for (j in 1:6)
200   {
201     for (k in 1:6)
202     {
203       if (hasil2[i,2]!=hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]==0) {adjustedramal[i]=selisih[i]*(L/2)} else
204       if (hasil2[i,2]>hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]==0) {adjustedramal[i]=selisih[i]*(L/2)} else
205       if (hasil2[i,2]<hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]==0) {adjustedramal[i]=selisih[i]*(L/2)} else
206       if (hasil2[i,2]<hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]>0) {adjustedramal[i]=(-L)} else
207       if (hasil2[i,2]>hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]>0) {adjustedramal[i]=(-L)} else
208       if (hasil2[i,2]!=hasil2[i,3] && m.trans.1[j,k]>0) {adjustedramal[i]=selisih[i]*(L/2)}
209     }
210   }
211   adjustedramal
212 }
213 #=====

```

213 #=====#
214 #Adjusted.forecasting Value Periode Kedepan
215 adj.forecastramal=adjustedramal+ramalkdepan
216 adj.forecastramal
217 #=====#

Lampiran 16. Hasil FTS Markov Chain

kwh		error	abs error	mape
357863594				
370353127	377147696	-6794569	6794569	1.8
372683448	386514845	-13831397	13831397	3.7
380675373	388262586	-7587213	7587213	2.0
386048074	394256530	-8208456	8208456	2.1
410035215	454952722	-44917507	44917507	11.0
391238077	366524650	24713427	24713427	6.3
404319902	402178558	2141344	2141344	0.5
399238005	411989927	-12751922	12751922	3.2
428338750	464845170	-36506420	36506420	8.5
425189955	436003792	-10813837	10813837	2.5
436086718	433799635	2287083	2287083	0.5
438518732	441427369	-2908637	2908637	0.7
461504015	443129779	18374236	18374236	4.0
451087351	459219477	-8132126	8132126	1.8
457839743	451927812	5911931	5911931	1.3
445522832	456654487	-11131655	11131655	2.5
472032367	504699316	-32666949	32666949	6.9
456839644	434627295	22212349	22212349	4.9
495373728	512621084	-17247356	17247356	3.5
494882848	502964642	-8081794	8081794	1.6
519362076	502719202	16642874	16642874	3.2
496841029	514958816	-18117787	18117787	3.6
532666062	560364959	-27698897	27698897	5.2
517983426	501916515	16066911	16066911	3.1
557473031	570936157	-13463126	13463126	2.4
541821653	564784924	-22963271	22963271	4.2
585597415	617538747	-31941332	31941332	5.5
563876669	534474344	29402325	29402325	5.2
605946942	623052501	-17105559	17105559	2.8
578864609	605676387	-26811778	26811778	4.6
620924497	586331864	34592633	34592633	5.6
590886759	616374641	-25487882	25487882	4.3
628260781	594919114	33341667	33341667	5.3
599350983	621614844	-22263861	22263861	3.7
665654860	657631655	8023205	8023205	1.2
660209622	665654860	-5445238	5445238	0.8
682159046	660209622	21949424	21949424	3.2
670213580	682159046	-11945466	11945466	1.8
685656579	670213580	15442999	15442999	2.3
			17844267.77	3.53

Lampiran 17. Hasil FTS Cheng Orde Empat

Tahun	Triwulan	KWH	Fuzzifikasi	FLR	DEFF	ERROR	ABS	MAPE	SSE
2007	I	357,863,594	A1						
	II	370,353,127	A2						
	III	372,683,448	A2						
	IV	380,675,373	A3						
2008	I	386,048,074	A3	A1,A2,A2,A3--A3	385179676	868,398	868398	0.2	754,114,941,671.15
	II	410,035,215	A5	A2,A2,A3,A3--A5	407032542	3,002,673	3002673	0.7	9,016,046,646,266.28
	III	391,238,077	A4	A2,A3,A3,A5--A4	396106109	(4,868,032)	4868032	1.2	23,697,734,741,685.00
	IV	404,319,902	A5	A3,A3,A5,A4--A5	407032542	(2,712,640)	2712640	0.7	7,358,414,413,279.42
2009	I	399,238,005	A4	A3,A5,A4,A5--A4	396106109	3,131,896	3131896	0.8	9,808,773,076,798.92
	II	428,338,750	A7	A5,A4,A5,A4--A7	428885407	(546,657)	546657	0.1	298,834,331,196.50
	III	425,189,955	A7	A4,A5,A4,A7--A7	428885407	(3,695,452)	3695452	0.9	13,656,368,563,846.30
	IV	436,086,718	A8	A5,A4,A7,A7--A8	439811840	(3,725,122)	3725122	0.9	13,876,535,777,444.20
2010	I	438,518,732	A8	A4,A7,A7,A8--A8	439811840	(1,293,108)	1293108	0.3	1,672,128,946,217.75
	II	461,504,015	A10	A7,A7,A8,A8--A10	461664706	(160,691)	160691	0.0	25,821,570,699.12
	III	451,087,351	A9	A7,A8,A8,A10--A9	450738273	349,078	349078	0.1	121,855,391,904.48
	IV	457,839,743	A10	A8,A8,A10,A9--A10	461664706	(3,824,963)	3824963	0.8	14,630,341,313,874.00
2011	I	445,522,832	A9	A8,A10,A9,A10--A9	450738273	(5,215,441)	5215441	1.2	27,200,825,693,719.10
	II	472,032,367	A11	A10,A9,A10,A9--A11	476233283	(4,200,916)	4200916	0.9	17,647,695,472,438.30
	III	456,839,644	A10	A9,A10,A9,A11--A10	461664706	(4,825,062)	4825062	1.1	23,281,222,499,665.50
	IV	495,373,728	A12	A10,A9,A11,A10--A12	494444004	929,724	929724	0.2	864,385,941,406.47
2012	I	494,882,848	A12	A9,A11,A10,A12--A12	494444004	438,844	438844	0.1	192,583,690,632.98
	II	519,362,076	A13	A11,A10,A12,A12--A13	512654726	6,707,350	6707350	1.3	44,988,546,630,916.80
	III	496,841,029	A12	A10,A12,A12,A13--A12	494444004	2,397,025	2397025	0.5	5,745,726,853,105.10
	IV	532,666,062	A14	A12,A12,A13,A12--A14	549076169	(16,410,107)	16410107	3.1	269,291,598,076,353.00
2013	I	517,983,426	A13	A12,A13,A12,A14--A13	512654726	5,328,700	5328700	1.0	28,395,045,762,274.50
	II	557,473,031	A14	A13,A12,A14,A13--A14	549076169	8,396,862	8396862	1.5	70,507,298,444,432.50
	III	541,821,653	A14	A12,A14,A13,A14--A14	549076169	(7,254,516)	7254516	1.3	52,627,996,348,823.30
	IV	585,597,415	A15	A14,A13,A14,A14--A15	583221271	2,376,144	2376144	0.4	5,646,059,417,683.17
2014	I	563,876,669	A14	A13,A14,A14,A15--A14	549076169	14,800,500	14800500	2.6	219,054,812,583,756.00
	II	605,946,942	A17	A14,A14,A15,A14--A17	610537353	(4,590,411)	4590411	0.8	21,071,875,635,390.80
	III	578,864,609	A15	A14,A15,A14,A17--A15	583221271	(4,356,662)	4356662	0.8	18,980,505,415,990.20
	IV	620,924,497	A18	A15,A14,A17,A15--A18	624195394	(3,270,897)	3270897	0.5	10,698,769,228,918.20
2015	I	590,886,759	A16	A14,A17,A15,A18--A16	596879312	(5,992,553)	5992553	1.0	35,910,694,204,393.90
	II	628,260,781	A18	A17,A15,A18,A16--A18	624195394	4,065,387	4065387	0.6	16,527,368,918,904.20
	III	599,350,983	A16	A15,A18,A16,A18--A16	596879312	2,471,671	2471671	0.4	6,109,156,399,392.63
	IV	665,654,860	A20	A18,A16,A18,A16--A20	671998538	(6,343,678)	6343678	1.0	40,242,250,039,040.10
2016	I	660,209,622	A20	A16,A18,A16,A20--A20	671998538	(11,788,916)	11788916	1.8	138,978,539,472,639.00
	II	682,159,046	A20	A18,A16,A20,A20--A20	671998538	10,160,508	10160508	1.5	103,235,923,664,779.00
	III	670,213,580	A20	A16,A20,A20,A20--A20	671998538	(1,784,958)	1784958	0.3	3,186,074,913,016.37
	IV	685,656,579	A20	A20,A20,A20,A20--A20	671998538	13,658,041	13658041	2.0	186,542,085,095,860.00