



TESIS TE 142599

Prediksi Ketersediaan Benih Padi (*Oryza Sativa.L*) Di Provinsi Maluku Menggunakan Metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Anfis)*

Lukas Syatauw
2214206720

DOSEN PEMBIMBING

1. Dr. I Ketut Eddy Purnama S.T.,M.T
2. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho S.T.,M.T

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA CIO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



TESIS TE 142599

**PREDICTION Of The RICE SEEDS AVAILABILITY
(Oryza sativa.L) In The
Province of Maluku By Using Adaptive Neuro
Fuzzy Inferensi System (ANFIS) Method**

Lukas Syatauw

2214206720

SUPERVISOR

1. Dr. I Ketut Eddy Purnama S.T.,M.T
2. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho S.T.,M.T

MAGISTER PROGRAM

TELEMATHIC CIO SPECIALIST

ELECTRO ENGINEERING DEPARTMENT

FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

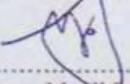
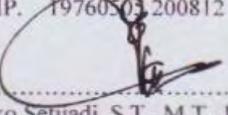
2016

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh:
Lukas Syatauw
Nrp. 221 420 67 20

Tanggal Ujian : 22 Juni 2016
Periode Wisuda : Wisuda ke-114

Disetujui oleh:

1. 
.....
Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. (Pembimbing I)
NIP. 19690730 199512 1 001
2. 
.....
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho., S.T., M.T (Pembimbing II)
NIP. 19700313 199512 1 001
3. 
.....
Dr. Adhi Dharma Wibawa, S.T., M.T. (Penguji)
NIP. 19760503 200812 1 003
4. 
.....
Eko Setijadi, S.T., M.T., Ph.D (Penguji)
NIP. 19721001 200312 1 002



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan pernyataan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya tulis dengan judul “*Prediksi Ketersediaan Benih Padi (Oryza sativa.L) di Provinsi Maluku Menggunakan Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Anfis)* “ adalah benar merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua sumber referensi yang dikutip dan yang dirujuk telah ditulis dengan lengkap pada Daftar Pustaka. Apabila di kemudian hari diketahui terjadi penyimpangan dari pernyataan yang saya buat, maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

Lukas Syatauw

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Prediksi Ketersediaan Benih Padi (*Oryza Sativa.L*) Di Provinsi Maluku
Menggunakan Metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (Anfis)

Nama Mahasiswa : Lukas Syatauw
NRP : 2214206720
Pembimbing : 1. Dr. I Ketut Eddy Purnama S.T.,M.T
2. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho S.T.,M.T

ABSTRAK

Sistem perbenihan yang tangguh (produktif, efisien, berdaya saing dan berkelanjutan) sangat diperlukan untuk mendukung upaya peningkatan produksi benih dan mutu produk pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi ketersediaan benih padi yang ada di Provinsi Maluku dari data yang tersedia yaitu variabel Sisa periode lalu, tambah stok, jumlah stok, tersalur dan sisa stok. Variabel tersebut kemudian diolah membentuk tiga selang linguistik yaitu rendah, sedang dan tinggi kemudian diolah menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy (Anfis) yang membentuk lima Member Function input dan satu output. Hasil dari proses training anfis menunjukkan bahwa pada iterasi kedua telah mencapai eror konstan sebesar 0,057018 dan nilai eror rata-rata 0,0015364. Perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan data aktual yang ada untuk menghitung MAPE dan RMSE diperoleh hasil MAPE sebesar 5.316884, dan RMSE sebesar 28.28583 dengan demikian sistem yang dipergunakan cukup valid dan dapat dipergunakan untuk menentukan prediksi ketersediaan padi.

Kata Kunci : Prediksi, Anfis, benih padi

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PREDICTION Of The RICE SEEDS AVAILABILITY (*Oryza sativa.L*) In The
Province of Maluku By Using Adaptive Neuro Fuzzy Inferensi System (ANFIS)
Method

By : Lukas Syatauw
Student't Id Number : 2214206720
Supervisor : 1. Dr. I Ketut Eddy Purnama S.T.,M.T
2. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho S.T.,M.T

Abstract:

A formidable seeding process (productive, efficient, competitive and continuous seeding process) is highly necessary to support the effort to increase seeds production quantity and the quality of agricultural product. Our propose is done to predict the availability of rice seeds in Maluku by using Adaptive Neuro Fuzzy (Anfis) which forming five Members Function input and one output. from the availability data, which variable of the last period, additional stock, total stock, is channeled and the last stock. The variable then process to be 3 pipes of linguistic which are low, medium, and high by using the Adaptive Neuro Fuzzy (Anfis) which make five input member functions and one output. The result of this anfis training process shows that the constant error value of 0,057018 and the average error value of 0,0015364 have been reached on the second iteration. This calculation, which used artificial intelligence, is then compared to the actual data to calculate MAPE and RMSE which are gained from the MAPE result of 5.316884, and RMSE as much as 28.2858; thus, the system used here is valid and can be used to determine the prediction of rice seeds availability.

Keywords : Prediction, Anfis, Rice Seeds

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya dipersembahkan kepada Bapa di Sorga dalam Tuhan Yesus Kristus, karena kasih dan tuntunan-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “ PREDIKSI KETERSEDIAAN BENIH PADI (*Oryza sativa L*) DI PROVINSI MALUKU MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS).

Tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program Magister Teknik pada Institut Sepuluh Nopember Surabaya. Menyadari bahwa penulis tidak dapat sendiri dalam penyelesaian tesis ini, melalui kesempatan ini Penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Pemerintah Provinsi Maluku dan Kementerian Informasi dan Komunikasi yang telah memberikan kesempatan melalui program beasiswa bagi penulis untuk menuntut ilmu pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Pimpinan dan Staf UPTD BPSBB Pertanian dan Peternakan Provinsi Maluku dalam dukungan data dan dana untuk penulis.
3. Bapak Dr. I Ketut Eddy Purnama ST., M.T, selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, saran dan masukan dalam penyusunan Tesis ini.
4. Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugraha ST., M.T, selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, emberikan arahan, saran dan masukan dalam penyusunan Tesis ini.
5. Bapak Dr. Adhi Darma Wibawa, ST., M.T dan Bapak Eko Setijadi, ST., M.T., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan demi penyempurnaan Tesis ini.
6. Bapak Ketua Jurusan Teknik Multimedia dan Jaringan beserta para karyawan yang telah membantu penulis selama masa studi sampai dengan penyelesaian penyusunan Tesis ini

7. Teman-teman seperjuangan Telematika CIO 2014 yang saling membantu, mensupport dan memotivasi penulis, bersama dalam suka dan duka hingga penyelesaian penyusunan Tesis ini.
8. Keluarga dan saudara-saudaraku tercinta yang selalu memberikan semangat, motivasi daya dan dana : Bu Kres sekeluarga, Usi Aca sekeluarga, Welly sekeluarga, Ebeng sekeluarga, Dessy sekeluarga, Opha, Uthen, Yos, Ponakan-ponakan tercinta Calvin dan adik-adik, Nene Bo dan anak-anak sekeluarga, Nene Mimi dan anak-anak sekeluarga yang selalu menjadi motivator bagi penulis.
9. Keluarga besar Syatauw, Warella, Nunumette, Lelapary, Reawaruw, Uspessy, teman-teman pelayanan Komisi Anak Hative Besar, Angkatan Muda, Guru-guru Komisi Anak GKI Manyar yang terus mendukung dan memberi semangat bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan ini.
10. Semua sahabat, keluarga yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu atas segala sumbangsih yang diberikan bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis ini. Semoga Tuhan pemberi berkat yang dimani penulis, dapat membalas kepada semua saudara lebih dari apa yang diberikan bagi Penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan penulisan sangat penulis harapkan dan dapat menjadi acuan yang berguna dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

"Orang-orang yang menabur dengan mencucurkan air mata,

Akan menuai dengan sorak sorai.

Orang yang berjalan maju dengan menangis sambil menabur benih,

Pasti pulang dengan sorak-sorai sambil membawa Berkas-berkasnya "

(Mazmur 126 : 5-6)

Surabaya, Juni 2016

Lukas Syatauw

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian Tesis	v
Abstrak	vii
Abstract	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	3
I.3. Tujuan Dan Manfaat Penelitian	4
I.4. Batasan Masalah	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Ketahanan Pangan	5
2.2. Benih Bermutu	8
2.3. Benih Padi	10
2.4. Logika Fuzzy	12
2.4.1. Himpunan Fuzzy	12
2.4.2. Fungsi Keanggotaan	14
2.4.3. Operator Fuzzy	17
2.5. ANFIS Adaptive Neuro Fuzzy Inference System	18
2.5.1 Gambaran Umum ANFIS	18
2.5.2 Arsitektur ANFIS	19

2.5.3 Jaringan ANFIS	20
2.5.4 Algoritma Pembelajaran Hybrid	22
2.5.5 Model Propagasi Error	23
2.6 Teknik Prediksi	27
2.6.1 Validasi Prediksi	27
2.7. Penelitian Terdahulu	28
BAB III METODOLOGI	30
3.1 Diagram Alir	30
3.2.1 Identifikasi Masalah	31
3.2.2 Pengambilan Data	31
3.2.3 Pelatihan Data	31
3.2.4. Pengujian Data	32
3.2.5. Perhitungan Akurasi	32
3.2 6. Dokumentasi	32
3.3. Jadwal Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Analisa Data	36
4.2. Analisa Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)	37
4.3. Mengelola Data Dengan ANFIS	38
4.4. Implementasi	42
4.4.1 Lingkungan Implementasi dan pengujian.....	43
4.4.2 Proses Fuzzifikasi	45
4.4.2.1. Input	45
4.4.2.2 Output	45
4.4.2.3 Rule	46
4.4.3 Pelatihan (<i>Training</i>) ANFIS	47
4.4.4 Pengujian Pasca <i>Training</i> ANFIS	48
4.5. Proses Defuzzifikasi	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1. Kesimpulan	58

5.2. Saran	58
Daftar Pustaka	60
Lampiran	63
Biografi Penulis	69

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Fungsi Keanggotaan Linier Naik	15
Gambar 2.2. Fungsi Keanggotaan Linier Turun	15
Gambar 2.3. Fungsi Kurva Segi Tiga.....	16
Gambar 2.4. Fungsi Kurva Bahu.....	18
Gambar 2.5. Arsitektur Jaringan ANFIS	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Penelitian	30
Gambar 4.1. Alur Tahapan Analisis Anfis	37
Gambar 4.2. Member Function Variabel Sisa Periode lalu (X1)	39
Gambar 4.3. Member Function Variabel Tambah Stok (X2)	40
Gambar 4.4. Member Function Jumlah Stok (X3)	41
Gambar 4.5. Member Function Variabel Tersalur (X4)	41
Gambar 4.5. Member Function Variabel Sisa Stok (X5)	42
Gambar 4.7. Tampilan Data pada Editor Notepad	43
Gambar 4.8. Tampilan Data Pada Dat	44
Gambar 4.9. Hasil Pelatihan Training Anfis	44
Gambar 4.10. Inferensi Output yang dihasilkan	45
Gambar 4.11. Hasil Training Anfis	47
Gambar 4.12. Hasil Perbandingan Prediksi Ketersediaan Padi dengan Kondisi Aktual	49
Gambar 4.13. Hasil Perintah Readfis	53

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Prosedur Pembelajaran Hybrid Metode Anfis	23
Tabel 2.2. Beberapa Penelitian Yang Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy (Anfis)	29
Tabel 3.1. Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian	33
Tabel 4.1. Data Ketersediaan Benih Padi Provinsi Maluku Tahun 2013 - 2015	34
Tabel 4.2. Himpunan Fuzzy Ketersediaan Benih.....	38
Tabel 4.3. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Sisa Periode lalu	38
Tabel 4.4. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Tambah Stok	39
Tabel 4.5. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Jumlah Stok	40
Tabel 4.6. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Tersalur	41
Tabel 4.7. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada data Sisa Stok	41
Tabel 4.8. Himpunan Fuzzy Untuk Produksi	42
Tabel 4.9. Rule Base Ketersediaan Benih	46
Tabel 4.10. Hasil Defuzzyfikasi Benih Padi	50
Tabel 4.11. Hasil Perbandingan antara Perhitungan Manual dengan Proses Anfis ...	51
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Evalfis	54
Tabel 4.13. Perbandingan Hasil Perhitungan Anfis dengan Kondisi Aktual di Lapangan berdasarkan RMSE dan MAPE	55

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Maluku adalah salah satu provinsi Indonesia yang mengalami peretumbuhan penduduk yang signifikan. Terjadi peningkatan 21% dari tahun 2010 sekitar 1,500,000 jiwa menjadi 1.950.000 jiwa tahun 2015. Peningkatan jumlah penduduk akan mempengaruhi ketahanan pangan lokal dan nasional. Hal tersebut akan menimbulkan peningkatan kebutuhan pangan bagi penduduk. Pemerintah harus menjamin akan tersedianya pangan bagi penduduk melalui ketahanan pangan. Ketahanan Pangan didefinisikan sebagai kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan (UU No. 18/2012 tentang Pangan). Hal tersebut tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan.

Tiga pilar dalam ketahanan pangan yang terdapat dalam definisi tersebut adalah ketersediaan (*availability*), keterjangkauan (*accessibility*) baik secara fisik maupun ekonomi, dan stabilitas (*stability*) yang harus tersedia dan terjangkau setiap saat dan setiap tempat. Apabila ketiga pilar ketahanan pangan telah terpenuhi maka akan mendorong terciptanya masyarakat atau rumah tangga untuk memenuhi ketahanan pangannya masing-masing. Padi (*Oryza sativa L*) merupakan salah satu tanaman pangan dominan dijumpai di Indonesia sebagai bahan pangan, diolah sedemikian rupa menjadi beras yang sangat strategis sebagai sebagai bahan pangan nasional.

Pertambahan jumlah penduduk mendorong meningkatnya kebutuhan beras nasional. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan beras tersebut perlu adanya upaya peningkatan produksi padi nasional melalui pemakaian varietas benih unggul yang berkualitas agar terjaminnya hasil yang melimpah dimasa akan datang. Varietas padi unggulan memiliki sifat-sifat, antara lain berdaya hasil tinggi, tahan terhadap hama dan penyakit utama, dan umur genjah sehingga sesuai dikembangkan dalam pola tanam

tertentu dan rasa nasi enak dengan kadar protein relatif tinggi. Keberhasilan diseminasi teknologi varietas unggul ditentukan antara lain oleh kemampuan industri benih untuk memasok benih hingga ke petani.

Sistem perbenihan yang tangguh (produktif, efisien, berdaya saing dan berkelanjutan) sangat diperlukan untuk mendukung upaya peningkatan produksi benih dan mutu produk pertanian. Perbanyakan benih padi dan tanaman pangan pada umumnya dimulai dari penyediaan benih penjenis (BS) oleh balai penelitian komoditas, sebagai sumber bagi perbanyakan benih dasar (BD), benih pokok (BP), dan benih sebar (BR). Kesenambungan alur perbanyakan benih tersebut sangat berpengaruh terhadap ketersediaan benih sumber yang sesuai dengan kebutuhan produsen/penangkar benih dan menentukan proses produksi benih sebar. Kelancaran alur perbanyakan benih juga sangat menentukan kecepatan penyebaran varietas unggul baru (VUB) kepada petani (Badan Litbang Pertanian, 2007).

Dalam kegiatan budidaya tanaman, benih menjadi salah satu faktor utama yang menjadi penentu keberhasilan. Peningkatan produksi pertanianpun banyak ditunjang oleh peran benih bermutu. Meski program perbenihan nasional telah berjalan sekitar 30 tahun, tetapi ketersediaan benih bersertifikat belum mencukupi kebutuhan potensialnya. Salah satu faktor yang menyebabkan masih rendahnya tingkat ketersediaan benih bermutu adalah tingkat kesadaran petani untuk menggunakan benih yang berkualitas tinggi masih sangat kurang. (Maruapey,2010)

Luas areal panen padi di Maluku pada tahun 2008 sekitar 19.092 ha . Berdasarkan data BPS (2009) produktivitas padi sawah sekitar 3,96 Ton/ Ha. Hal tersebut terjadi akibat petani tidak menggunakan varietas unggul karena jumlah ketersediaan benih yang belum optimal ditambah dengan data ketersediaan benih yang tidak diketahui sehingga menyulitkan penyediaan benih secara tepat jumlah dan waktu secara efektif. Seharusnya jika menggunakan varietas unggul baru atau hibrida dengan penerapan teknologi inovatif berpotensi menghasilkan 10 t ha-1 (Balitpa, 2004; Badan Litbang Pertanian, 007).

Oleh karena itu perlu melakukan pengembangan prediksi ketersediaan untuk menentukan ketersediaan stok benih, salah satunya dengan menggunakan logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan atau lebih dikenal dengan *artificial neural network* dengan *fuzzy inferent system* (ANFIS). *Teknik neuro-fuzzy* merupakan teknik inferensia yang terdiri dari logika *fuzzy* dan jaringan syaraf. Logika *fuzzy* digunakan sebagai kontrol alur berpikir tiruan, sedangkan jaringan saraf berfungsi untuk menentukan nilai pendekatan maksimal dari hasil inferensia (Azmi,2000 ; Marimin et al 2000). Fuad.F.M (2011) telah menerapkan metode ini untuk memprediksi ketersediaan beras di tingkat masyarakat dengan tingkat akurasi yang sangat baik. Juga Tri Sandika, (2014) melakukan penelitian prediksi produksi bawang merah dengan menggunakan *neuro-fuzzy* memperlihatkan hasil keakuratan yang sangat tinggi (99%) dan tingkat kesalahan yang kurang dari 1%. Akan tetapi penelitian yang dilakukan belum menggambarkan keseluruhan produksi yang ada secara lengkap di tingkat yang lebih luas berdasarkan parameter yang diujikan. Berdasarkan hasil diatas penulis mencoba untuk melaksanakan penelitian tentang prediksi ketersediaan benih padi di Provinsi Maluku dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (Anfis).

I.2. Rumusan Masalah

1. Informasi ketersediaan benih padi secara akurat pada tingkat petani di Provinsi Maluku belum tersedia secara baik dikarenakan belum adanya data penunjang untuk menggambarkan ketersediaan benih padi di Provinsi Maluku.
2. Penentuan ketersediaan jumlah benih yang ada dapat menjamin penggunaan benih yang lebih efektif dan efisien dalam meningkatkan produksi pertanian di Provinsi Maluku.

I.3. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan Ketersediaan Benih Padi (*Oryza Sativa.L*) Di Provinsi Maluku menggunakan Metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (Anfis).

Sedangkan Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menerapkan dan mengaplikasikan logika fuzzy untuk mengetahui ketersediaan benih padi yang ada di Maluku dengan lebih akurat sebagai bahan pertimbangan pengambilan keputusan dalam perencanaan produksi pertanian khususnya untuk peningkatan produksi padi.

I.4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi hanya menentukan prediksi ketersediaan benih padi pada provinsi Maluku berdasarkan luas lahan usaha pertanian, produksi benih pada Dinas Pertanian Provinsi Maluku dan penyaluran benih serta data stok benih padi yang ada pada UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Provinsi Maluku.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Ketahanan Pangan

Pangan merupakan kebutuhan dasar utama bagi manusia yang harus dipenuhi setiap saat. Hak untuk memperoleh pangan merupakan salah satu hak asasi manusia, sebagaimana tersebut dalam pasal 27 UUD 1945 maupun dalam Deklarasi Roma (1996). Pertimbangan tersebut mendasari terbitnya UU No. 7/1996 tentang Pangan. Sebagai kebutuhan dasar dan salah satu hak asasi manusia, pangan mempunyai arti dan peran yang sangat penting bagi kehidupan suatu bangsa. Ketersediaan pangan yang lebih kecil dibandingkan kebutuhannya dapat menciptakan ketidakstabilan ekonomi. Berbagai gejolak sosial dan politik dapat juga terjadi jika ketahanan pangan terganggu. Kondisi pangan yang kritis ini bahkan dapat membahayakan stabilitas ekonomi dan stabilitas Nasional.

Konsep pangan menurut Undang-undang Nomor 7 tahun 1996 adalah segala sesuatu yang berasal dari hayati dan air, baik yang diolah maupun yang tidak diolah, yang diperuntukkan sebagai makanan dan minuman yang dikonsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lain yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan dan atau pembuatan makanan atau minuman. Konsep ketahanan pangan menurut Undang-undang Nomor 7 tahun 1996 adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata, dan terjangkau.

Berdasar konsep tersebut, maka terdapat beberapa prinsip yang terkait, baik langsung maupun tidak langsung terhadap ketahanan pangan (food security), yang harus diperhatikan menurut Sumardjo, 2006 ;Purwaningsih 2008) :

- Rumah tangga sebagai unit perhatian terpenting pemenuhan kebutuhan pangan nasional maupun komunitas dan individu.

- Kewajiban negara untuk menjamin hak atas pangan setiap warganya yang terhimpun dalam satuan masyarakat terkecil untuk mendapatkan pangan bagi keberlangsungan hidup.
- Ketersediaan pangan mencakup aspek kecukupan jumlah pangan (food sufficiency) dan terjamin mutunya (food quality).
- Produksi pangan yang sangat menentukan jumlah pangan sebagai kegiatan atau proses menghasilkan, menyiapkan, mengolah, membuat, mengawetkan, mengemas, mengemas kembali dan atau mengubah bentuk pangan.
- Mutu pangan yang nilainya ditentukan atas dasar kriteria keamanan pangan, kandungan gizi dan standar perdagangan terhadap bahan makanan dan minuman.
- Keamanan pangan (food safety) adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan keadaan manusia.
- Kemerataan pangan merupakan dimensi penting keadilan pangan bagi masyarakat yang ukurannya sangat ditentukan oleh derajat kemampuan negara dalam menjamin hak pangan warga negara melalui sistem distribusi produksi pangan yang dikembangkannya. Prinsip pemerataan pangan mengamankan sistem pangan nasional harus mampu menjamin hak pangan bagi setiap rumah tangga tanpa terkecuali.
- Keterjangkauan pangan mempresentasikan kesamaan derajat keleluasaan akses dan kontrol yang dimiliki oleh setiap rumah tangga dalam memenuhi hakpangan mereka. Prinsip ini merupakan salah satu dimensi keadilan pangan yang penting untuk diperhatikan.

Konsep ketahanan pangan seperti disebut di atas, selanjutnya dapat diringkas kedalam aspek:

- Ketersediaan pangan: kecukupan jumlah pangan (food sufficiency).
- Keamanan pangan (food safety): pangan yang bebas dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan

keadaan manusia, serta terjamin mutunya (food quality) yaitu memenuhi kandungan gizi dan standar perdagangan terhadap bahan makanan dan minuman.

- Kemerataan pangan: sistem distribusi pangan yang mendukung tersedianya pangan setiap saat dan merata.
- Keterjangkauan pangan: kemudahan rumah tangga untuk memperoleh pangan dengan harga yang terjangkau.

Definisi ketahanan pangan dalam UU No 7 tahun 1996 UU kemudian dibuat penyempurnaan dengan UU No 18 tahun 2012. Definisi UU No 18 tahun 2012 secara substantif sejalan dengan definisi ketahanan pangan dari FAO yang menyatakan bahwa ketahanan pangan sebagai suatu kondisi dimana setiap orang sepanjang waktu, baik fisik maupun ekonomi, memiliki akses terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi untuk memenuhi kebutuhan gizi sehari-hari sesuai preferensinya.

Pengertian ketahanan pangan, tidak lepas dari UU No. 18/2012 tentang Pangan. Disebutkan dalam UU tersebut bahwa Ketahanan Pangan adalah *"kondisi terpenuhinya Pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan"*.

UU Pangan bukan hanya berbicara tentang ketahanan pangan, namun juga memperjelas dan memperkuat pencapaian ketahanan pangan dengan mewujudkan kedaulatan pangan (food sovereignty) dengan kemandirian pangan (food resilience) serta keamanan pangan (food safety). "Kedaulatan Pangan adalah hak negara dan bangsa yang secara mandiri menentukan kebijakan Pangan yang menjamin hak atas Pangan bagi rakyat dan yang memberikan hak bagi masyarakat untuk menentukan sistem Pangan yang sesuai dengan potensi sumber daya lokal".

"Kemandirian Pangan adalah kemampuan negara dan bangsa dalam memproduksi Pangan yang beraneka ragam dari dalam negeri yang dapat menjamin pemenuhan kebutuhan pangan yang cukup sampai di tingkat perseorangan dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam, manusia, sosial, ekonomi, dan kearifan lokal secara

bermartabat". "Keamanan Pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah Pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi". (Anonim;2014)

2.2. Benih Bermutu

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No.12 tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Pertanian Bab I ketentuan umum pasal 1 ayat 4 disebutkan bahwa benih tanaman yang selanjutnya disebut benih, adalah tanaman atau bagiannya yang digunakan untuk memperbanyak dan atau mengembangbiakkan tanaman. Dalam buku lain tertulis benih disini dimaksudkan sebagai biji tanaman yang dipergunakan untuk tujuan pertanaman.

Menurut Sumpena (2005), benih diartikan sebagai biji tanaman yang tumbuh menjadi tanaman muda (bibit), kemudian dewasa dan menghasilkan bunga. Melalui penyerbukan bunga berkembang menjadi buah atau polong, lalu menghasilkan biji kembali. Benih dapat dikatakan pula sebagai ovul masak yang terdiri dari embrio tanaman, jaringan cadangan makanan, dan selubung penutup yang berbentuk vegetatif. Benih berasal dari biji yang dikecambahkan atau dari umbi, setek batang, setek daun, dan setek pucuk untuk dikembangkan dan diusahakan menjadi tanaman dewasa.

Sedangkan menurut Sadjad, dalam "Dasar-dasar Teknologi Benih"(1975, Biro Penataran IPB-Bogor), yang dimaksudkan dengan benih ialah biji tanaman yang dipergunakan untuk keperluan pengembangan usaha tani, memiliki fungsi agronomis atau merupakan komponen agronomi.

Sehingga benih adalah biji yang dipersiapkan untuk tanaman, telah melalui proses seleksi sehingga diharapkan dapat mencapai proses tumbuh yang besar.

Benih sebagai jasad biologis yang hidup sebagai pembawa sifat/karakteristik dari pertanaman produksi yang spesifik sesuai dengan jenis varietasnya, merupakan salah satu unsur produksi yang memiliki peranan penting, karena benih memiliki kemampuan yang dapat diarahkan dalam meningkatkan mutu dan jumlah produksi pertanian. Karena itu keberhasilan peningkatan produksi padi dimulai dari ketepatan dalam menggunakan benih

Benih bermutu adalah benih yang mempunyai kemurnian genetik, kemurnian fisik maupun fisiologis yang cukup tinggi. Produksi benih harus melalui sertifikasi sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah No 44 Tahun 1995 tentang Perbenihan Tanaman. Sertifikasi benih adalah satu cara pengawasan mutu benih baik di lapangan maupun di laboratorium, untuk menjamin tingkat kemurnian benih dengan pemberian sertifikat/label atas perbanyakan benih dengan peraturan/prosedur yang berlaku.

Benih bersertifikat dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu :

- Benih Penjenis (warna label putih) adalah benih yang diproduksi oleh dan dibawah pengawasan pemulia tanaman pencipta/penghasil benih tersebut atau instansinya, dan merupakan sumber untuk perbaikan benih dasar;
- Benih Dasar (warna label putih) adalah keturunan pertama dari benih penjenis, yang diproduksi dibawah bimbingan yang intensif dan pengawasan yang ketat, sehingga kemurnian varietas dapat terjaga. Benih dasar ini diproduksi oleh instansi/badan yang ditunjuk oleh Direktur Jenderal Pertanian Tanaman Pangan dan produksinya harus disertifikasi oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB).
- Benih Pokok (warna label ungu) adalah keturunan dari benih penjenis atau benih dasar yang diproduksi dan dipelihara sehingga identitas dan tingkat kemurnian varietas yang ditetapkan dapat terjaga dan memenuhi standar mutu yang ditetapkan, serta harus disertifikasi sebagai benih pokok oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih;

- Benih Sebar (warna label biru) adalah keturunan benih penjenis, benih dasar, atau benih pokok, yang diproduksi dan dipelihara sehingga identitas dan tingkat kemurnian varietas dapat dipelihara, dan memenuhi standar mutu benih yang ditetapkan dan harus disertifikasi sebagai benih sebar label biru oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih.

2.3. Benih Padi

Berdasarkan sejarahnya, padi termasuk dalam marga *Oryza* yang mempunyai ±25 jenis yang tersebar di daerah tropik dan subtropik seperti di Asia, Afrika, Amerika dan Australia. Dewasa ini tanaman padi banyak ditanam di daerah dataran rendah. Tanaman padi yang cocok hidup di daerah tropis adalah padi indica, sedangkan padi yang cocok hidup di daerah subtropis adalah padi Japonica (Aak, 1995).

Padi (bahasa latin: *Oryza sativa* L.) adalah salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban. Meskipun terutama mengacu pada jenis tanaman budidaya, padi juga digunakan untuk mengacu pada beberapa jenis dari marga (genus) yang sama, yang biasa disebut sebagai padi liar. Produksi padi dunia menempati urutan ketiga dari semua serealia, setelah jagung dan gandum. Namun demikian, padi merupakan sumber karbohidrat utama bagi mayoritas penduduk dunia. Padi termasuk dalam suku padi-padian atau poaceae. Terna semusim, berakar serabut, batang sangat pendek, struktur serupa batang terbentuk dari rangkaian pelepah daun yang saling menopang daun sempurna dengan pelepah tegak, daun berbentuk lanset, warna hijau muda hingga hijau tua, berurat daun sejajar, tertutupi oleh rambut yang pendek dan jarang, bagian bunga tersusun majemuk, tipe malai bercabang, satuan bunga disebut floret yang terletak pada satu spikelet yang duduk pada panikula, tipe buah bulir atau kariopsis yang tidak dapat dibedakan mana buah dan bijinya, bentuk hampir bulat hingga lonjong, ukuran 3mm hingga 15mm, tertutup oleh palea dan lemma yang dalam bahasa sehari-hari disebut sekam, struktur dominan padi yang biasa dikonsumsi yaitu jenis endospermium, sedangkan Varietas Tanaman Padi adalah suatu jenis atau spesies

tanaman yang memiliki karakteristik genotipe tertentu seperti bentuk, pertumbuhan tanaman, daun, bunga, dan biji, yang dapat membedakan dengan jenis atau spesies tanaman lain, dan apabila diperbanyak tidak mengalami perubahan (Satoto, dkk., 2008).

Padi termasuk tanaman semusim atau tanaman berumur pendek, kurang dari satu tahun dan hanya sekali berproduksi, setelah berproduksi akan mati atau dimatikan. Menurut Aak (1995), tanaman padi dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Bagian Vegetatif

a. Akar, merupakan bagian tanaman yang berfungsi untuk menyerap air dan zat makanan dari dalam tanah, kemudian diangkut ke bagian atas tanaman. Akar tanaman padi dapat dibedakan menjadi akar tunggang, akar serabut, akar rambut dan akar tajuk.

b. Batang, padi mempunyai batang yang beruas-ruas. Padi Ciherang mempunyai batang yang tingginya berkisar antara 107-115 cm dan warna batangnya hijau

c. Anakan, tanaman padi akan membentuk rumpun dengan anakannya, biasanya anakan akan tumbuh pada dasar batang. Pembentukan anakan terjadi secara bersusun yaitu anakan pertama, kedua, ketiga dan seterusnya. Padi Ciherang mempunyai anakan produktif sekitar 14-17 batang.

d. Daun, ciri khas daun padi adalah sisik dan telinga daun. Daun padi Ciherang dibagi menjadi beberapa bagian yakni helaian daun, pelepah daun, dan lidah daun. Daun berwarna hijau, muka daun sebelah bawah kasar, posisi daun tegak dan daun benderanya tegak.

2. Bagian Generatif

a. Malai, merupakan sekumpulan bunga padi (Spikelet) yang keluar dari buku paling atas. Bulir padi terletak pada cabang pertama dan kedua. Panjang malai tergantung pada varietas padi yang ditanam dan cara menanamnya.

b. Buah padi (Gabah), merupakan ovary yang sudah masak, bersatu dengan palea. Buah ini adalah hasil penyerbukan dan pembuahan yang mempunyai bagian-bagian seperti embrio (lembaga), endosperm, dan bekatul. Bentuk gabah padi Ciherang adalah panjang ramping dan warna gabah kuning bersih. Gabah yang sudah dibersihkan kulitnya disebut dengan beras. Beras mengandung berbagai zat makanan yang penting untuk tubuh, antara lain : karbohidrat, protein, lemak, serat kasar, abu, dan vitamin.

2.4. Logika Fuzzy

Logika fuzzy mendasarkan pada prinsip ketidakpastian suatu elemen pada sebuah himpunan. Pada teori himpunan klasik, jika terdapat dua himpunan misalkan A dan B, maka keberadaan sebuah elemen pada suatu himpunan hanya akan mempunyai satu kemungkinan keanggotaan, yaitu menjadi anggota himpunan A atau himpunan B. Akan tetapi pada logika fuzzy, suatu elemen dapat menjadi anggota dari kedua himpunan, baik A ataupun B dengan derajat keanggotaan tertentu (Zadeh, 1965).

2.4.1. Himpunan Fuzzy

Suatu himpunan klasik adalah suatu himpunan dengan batasan yang jelas. Misalnya, terdapat sebuah himpunan klasik A yaitu himpunan orang gemuk dan B adalah himpunan orang kurus. Himpunan A adalah himpunan semua orang yang mempunyai tinggi badan lebih dari 170 cm dan himpunan B adalah himpunan semua orang yang mempunyai tinggi badan kurang dari 170 cm. Akibatnya jika ada orang yang mempunyai tinggi badan 170,001 cm maka orang tersebut termasuk orang tinggi, sedangkan orang yang tinggi badannya 169,999 cm termasuk orang pendek. Dari ilustrasi diatas dapat disimpulkan bahwa hanya dengan perbedaan tinggi badan yang

sangat sedikit, seseorang dimasukkan ke himpunan yang berbeda. Hal ini tentu tidak mencerminkan pemikiran dan konsep alami manusia.

Sedangkan suatu himpunan fuzzy adalah suatu himpunan dengan batasan yang tidak tegas (crisp). Hal inilah yang menyebabkan himpunan fuzzy lebih fleksibel digunakan dalam pemodelan. Sebuah elemen dapat masuk dalam dua himpunan yang berbeda, seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat dari derajat keanggotaannya (Kusumadewi, 2010). Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu :

- a. Linguistik, penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: dingin, sejuk, normal, hangat, panas.
- b. Numeris, suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 0, 1, 2, 3, 4, dst. (Kusumadewi, 2004)

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu :

- a. Variabel fuzzy.
Variabel fuzzy merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy. Contoh: Temperatur, curah hujan, kelembaban dsb.
- b. Himpunan fuzzy.
Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy. Misalnya, variabel temperatur mempunyai himpunan fuzzy, yaitu “dingin”, “sejuk”, ”normal”, ”hangat”, ”panas”.
- c. Semesta Pembicaraan.
Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

d. Domain.

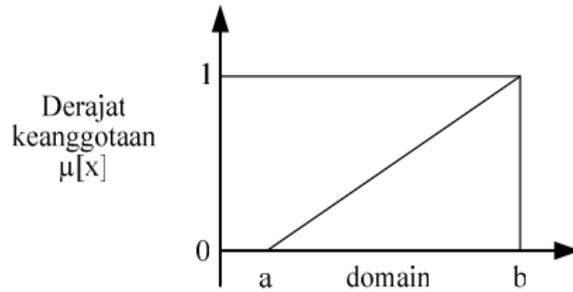
Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilainya dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

2.4.2. Fungsi Keanggotaan

Derajat keanggotaan yang disimbolkan dengan $\mu(x)$ diperoleh dari fungsi keanggotaan masing-masing himpunan fuzzy. Sehingga fungsi keanggotaan merupakan fungsi yang memetakan tiap elemen dalam derajat keanggotaan antara 0 dan 1. Misalnya orang dengan tinggi badan 179 cm, termasuk dalam himpunan orang tinggi Fungsi keanggotaan (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Misalnya orang dengan tinggi badan 179 cm, termasuk dalam himpunan orang tinggi dengan derajat keanggotaan 0,50, namun juga termasuk dalam himpunan orang pendek dengan derajat keanggotaan 0,25. Beberapa fungsi keanggotaan himpunan fuzzy yang dapat digunakan antara lain :

1. Representasi Linier

Pada fungsi keanggotaan linear, pemetaan input kederajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan himpunan fuzzy yang linear. Pertama kenaikan himpunan dimulai pada nilai yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju nilai yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Gambar Fungsi Keanggotaan Linier Naik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.

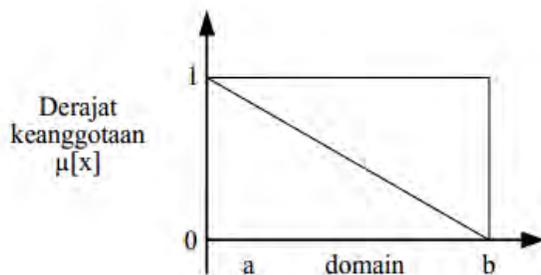


Gambar 2.1. Fungsi Keanggotaan Linier Naik

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (2.1)$$

Kedua, merupakan kebalikan dari fungsi linear naik. Garis lurus dimulai dari nilai dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Gambar Fungsi Keanggotaan Linier Turun seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Fungsi Keanggotaan Linier Turun

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Representasi Kurva Segitiga

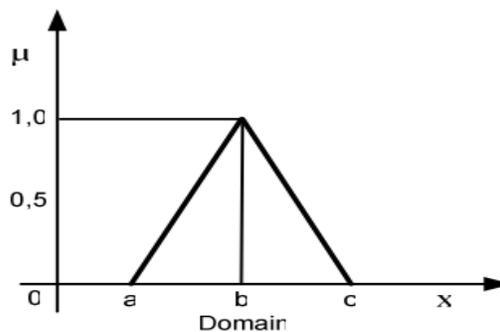
Fungsi keanggotaan segitiga ditandai oleh adanya 3 (tiga) parameter {a,b,c} yang akan menentukan koordinat x dari tiga sudut.

$$\text{Segitiga } (x,a,b,c) = \begin{cases} 0; & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \\ 0; & x > c \end{cases} \dots\dots\dots (2.3)$$

Atau sama dengan rumus berikut :

$$\text{Segitiga } (x,a,b,c) = \max \left[\min \left[\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right], 0 \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

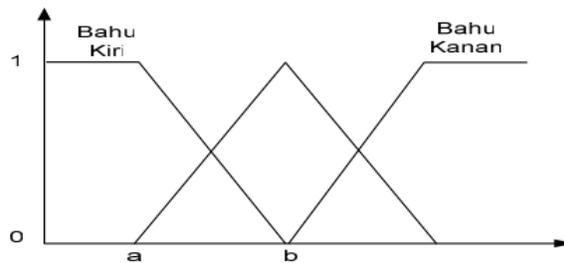
Gambar Fungsi Kurva Segi Tiga seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Fungsi Kurva Segi Tiga

3. Representasi Kurva Bahu

Himpunan Fuzzy bahu digunakan untuk mengakhiri variable suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar Fungsi Kurva Bahu seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Fungsi Kurva Bahu

Fungsi keanggotaan :

$$\mu [x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (b-x) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (2.5)$$

2.4.3. Operator Fuzzy

Ada beberapa operasi untuk mengkominasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan yang merupakan hasil operasi dua atau lebih himpunan fuzzy disebut sebagai firing strength. Adapun operator dasar yang dikenalkan oleh Zadeh (1965) adalah operator AND, OR dan NOT.

Operator AND merupakan operasi interaksi pada himpunan. Nilai firing strength dari operator AND adalah nilai derajat keanggotaan himpunan yang terkecil atau dapat dituliskan :

Operator OR merupakan operasi union pada himpunan. Nilai firing strength dari operator OR adalah nilai derajat keanggotaan himpunan terbesar atau dapat dituliskan :

Operator NOT merupakan operasi komplemen pada himpunan. Nilai firing strength dari operator NOT diperoleh selisih nilai 1 dengan nilai derajat keanggotaan elemen.

$$\mu'_A = 1 - \mu_A(x) \dots\dots\dots (2.6)$$

2.5. ANFIS Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

2.5.1 Gambaran Umum ANFIS

Adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan fuzzy (Fuzzy Inference System). Metode ANFIS ini dikenalkan oleh J.S.R Jang pada tahun 1992, yang mengintegrasikan fitur terbaik dari neural network (NN) dan fuzzy system (FS). ANFIS telah banyak dimanfaatkan sebagai metode untuk beragam aplikasi dalam berbagai bidang keilmuan salah satunya untuk membentuk model yang menjelaskan data masa lalu dan memprediksi perilaku data masa depan (forecasting). Penggunaan metode ANFIS untuk telah digunakan dalam beberapa penelitian, diantaranya adalah penggunaan ANFIS dalam sistem pengairan oleh Kermani dan Teshnehlab (2008), prediksi potensi pembengkakan tanah liat oleh Hilmaz dan Kaynar (2011), perkiraan dan prediksi fluktuasi tingkat kedalaman danau oleh Talebizadeh dan Moridnejad (2011) dan peramalan indeks harga saham oleh Chang, Wei dan Cheng (2010).

Jaringan saraf tiruan (JST) atau biasa dikenal dengan artificial neural network (ANN), atau juga disebut simulated neural network (SNN) atau umumnya hanya disebut neural network (NN) merupakan jaringan dari sekelompok unit pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan saraf manusia. Menurut Haykin (1999), sebuah jaringan saraf adalah processor yang terdistribusi paralel dan mempunyai kecenderungan untuk menyimpan pengetahuan yang diduplikasinya dari pengalaman dan membuatnya tetap tersedia untuk digunakan.

Hal ini menyerupai kerja otak dalam dua hal yaitu:

Pengetahuan diperoleh oleh jaringan melalui suatu proses belajar

Kekuatan hubungan antar sel saraf yang dikenal dengan bobot sinapsis digunakan untuk menyimpan pengetahuan

Jaringan saraf tiruan merupakan sistem adaptif yang dapat mengubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi eksternal maupun internal yang mengalir melalui jaringan tersebut. Secara sederhana, jaringan saraf tiruan adalah sebuah alat pemodelan data statistik non-linier. Jaringan saraf tiruan dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara input dan output untuk menemukan pola-pola pada data.

Layer penyusun sebuah arsitektur neural network yaitu input layer, hidden layer dan output layer. Input layer berfungsi sebagai tempat data di masukkan untuk proses lebih lanjut, hidden layer merupakan unit proses dari data input dan output layer merupakan tempat keluaran hasil dari proses yang telah dilakukan.

Jaringan saraf tiruan merupakan algoritma pembelajaran yang meniru jaringan saraf manusia untuk mencari sebuah penyelesaian. Seperti halnya pada jaringan saraf manusia, JST juga terdiri dari beberapa neuron yang bertugas melakukan pemrosesan informasi. Informasi diproses dengan menggunakan fungsi aktivasi yang terdapat di tiap neuron. Kemudian neuron-neuron tersebut mentransformasikan informasi yang diterima melalui saluran penghubung menuju ke-neuron lainnya dengan bobot tertentu. Pada JST, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan yang disebut lapisan neuron. Informasi yang diberikan pada jaringan saraf akan dialirkan dari lapisan neuron ke lapisan neuron berikutnya. Namun hal ini tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut disampaikan secara mundur pada jaringan (Kusumadewi, 2010).

2.5.2 Arsitektur ANFIS

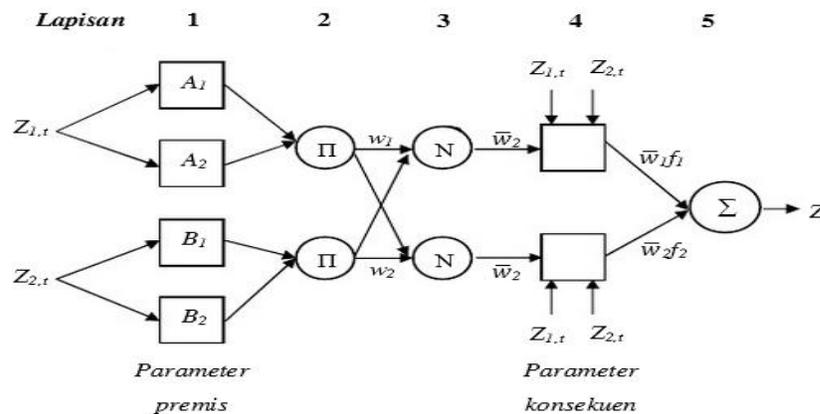
Misalkan input terdiri atas $Z_{1,t}$ dan $Z_{2,t}$ dan sebuah output Z_t dengan aturan model Sugeno orde 1. Orde satu dipilih dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan

perhitungan. Model Sugeno orde satu dengan dua aturan fuzzy if-then adalah sebagai berikut:

$$\text{Aturan 1 : } \underbrace{\text{If } Z_{1,t} \text{ is } A_1 \text{ and } Z_{2,t} \text{ is } B_1}_{\text{Premis}} \text{ then } \underbrace{f_1 = p_1 \cdot Z_{1,t} + q_1 \cdot Z_{2,t} + r_1}_{\text{Konsekuen}}$$

$$\text{Aturan 2 : } \underbrace{\text{If } Z_{1,t} \text{ is } A_2 \text{ and } Z_{2,t} \text{ is } B_2}_{\text{Premis}} \text{ then } \underbrace{f_2 = p_2 \cdot Z_{1,t} + q_2 \cdot Z_{2,t} + r_2}_{\text{Konsekuen}}$$

dengan A_i dan B_i adalah nilai-nilai keanggotaan merupakan label linguistik (seperti “kecil” atau “besar”), p_i, q_i , dan r_i adalah parameter konsekuen. Dengan penggunaan suatu prosedur hybrid learning, ANFIS dapat membangun suatu mapping INPUT-OUTPUT yang didasarkan atas pengetahuan manusia (pada bentuk aturan fuzzy IF-THEN) dengan fungsi keanggotaan yang tepat. Gambar Arsitektur Jaringan Anfis seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5. Arsitektur Jaringan Anfis

2.5.3 Jaringan ANFIS

Jaringan ANFIS terdiri dari lapisan-lapisan sebagai berikut (Jang, Sun, dan Mizutani, 1997):

Lapisan 1:

Lapisan ini merupakan lapisan fuzzifikasi. Pada lapisan ini tiap neuron adaptif terhadap parameter suatu aktivasi. Output dari tiap neuron berupa derajat keanggotaan yang diberikan oleh fungsi keanggotaan input. Misalkan fungsi keanggotaan

Generalized Bell

diberikan sebagai:

$$\mu(Z) = \frac{1}{1 + \left(\frac{Z-c}{a}\right)^{2b}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan Z adalah input, dalam hal ini $Z = \{ Z_{1,t}, Z_{2,t} \}$ dan $\{a, b, \text{ dan } c\}$ adalah parameter-parameter, biasanya $b=1$. Jika nilai parameter-parameter ini berubah, maka bentuk kurva yang terjadi akan ikut berubah. Parameter-parameter ini biasanya disebut dengan nama parameter premis.

Lapisan 2:

Lapisan ini berupa neuron tetap (diberi simbol Π) merupakan hasil kali dari semua masukan, sebagai berikut:

$$W_t = \mu A_i \cdot \mu B_i \dots\dots\dots (2.8)$$

Biasanya digunakan operator AND. Hasil perhitungan ini disebut firing strength dari sebuah aturan. Tiap neuron merepresentasikan aturan ke-i

Lapisan 3:

Tiap neuron pada lapisan ini berupa neuron tetap (diberi simbol N) merupakan hasil perhitungan rasio dari firing strength ke-i (w_i) terhadap jumlah dari keseluruhan firing strength pada lapisan kedua, sebagai berikut:

$$\bar{W}_t = \frac{w_1}{w_1+w_2} \cdot i = 1,2 \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Hasil perhitungan ini disebut normalized firing strength

Lapisan 4:

Lapisan ini berupa neuron yang merupakan neuron adaptif terhadap suatu output, sebagai berikut:

$$\bar{W}_t f_t = \bar{W}_t (p_1 Z_{1t} + q_1 Z_{2t} + r_t) \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan \bar{W}_t adalah normalized firing strength pada lapisan ketiga dan $p_i, q_i,$ dan r_i adalah parameter-parameter pada neuron tersebut. Parameter-parameter ini biasa disebut parameter konsekuen.

Lapisan 5:

Lapisan ini berupa neuron tunggal (diberi simbol \sum) merupakan hasil penjumlahan seluruh output dari lapisan keempat, sebagai berikut:

$$\sum_t \bar{w}_t f_t = \frac{\sum_t W_t f_t}{\sum_t W_t} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

2.5.4 Algoritma Pembelajaran Hybrid

Pada saat parameter premis ditemukan keluaran keseluruhan akan merupakan kombinasi linier dari konsekuen parameter, yaitu:

$$\begin{aligned} f &= \frac{W_1}{W_1 + W_2} f_1 + \frac{W_2}{w_1 + W_2} f_2 \\ &= \bar{W}_1 (p_1 Z_{1t} + q_1 Z_{2t} + r_1) + \bar{W}_2 (p_2 Z_{1t} + q_2 Z_{2t} + r_2) \\ &= (\bar{W}_1 Z_{1t}) p_1 + (\bar{W}_1 Z_{2t}) q_1 + (\bar{W}_1) r_1 + (\bar{W}_2 Z_{1t}) p_2 + (\bar{W}_2 Z_{2t}) q_2 + (\bar{W}_2) r_2 \dots (2.12) \end{aligned}$$

adalah linier terhadap parameter $p_1, q_1, r_1, p_2, q_2,$ dan r_2 .

Algoritma hibrida akan mengatur parameter-parameter konsekuen $p_i, q_i,$ dan r_i secara maju (forward) dan akan mengatur parameter-parameter premis $a, b,$ dan c secara mundur (backward). Pada langkah maju, input jaringan akan merambat maju sampai

pada lapisan keempat. Parameter-parameter konsekuen akan diidentifikasi dengan menggunakan least-square. Sedangkan pada langkah mundur, eror sinyal akan merambat mundur dan parameter-parameter premis akan diperbaiki dengan menggunakan metode gradient descent. Prosedur pembelajaran Hybrid Metode Anfis ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel.2.1. Prosedur Pembelajaran Hybrid Metode Anfis

	Arah Maju	Arah Mundur
Parameter Premis	Tetap	Gradient descent
Parameter Konsekuen	Least-squares estimator	Tetap
Sinyal	Keluaran Neuro	Sinyal Eror

(Jang, Sun, dan Mizutani, 1997)

2.5.5 Model Propagasi Eror

Model propagasi eror digunakan untuk melakukan perbaikan terhadap parameter premis (a dan c). Konsep yang digunakan adalah gradient descent.

Apabila dimiliki jaringan adaptif seperti Gambar , dan ϵ_{ij}

menyatakan eror pada neuron ke- j pada lapisan ke-i

maka perhitungan eror pada tiap neuron pada tiap lapisan dirumuskan sebagai berikut:

a. Eror pada lapisan 5

$$\epsilon_{51} = \frac{\partial E_{Z_t}}{\partial f} = -2(Z_t - f) \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan Z_t adalah output target, f adalah output jaringan, dan E_{Z_t} adalah jumlah kuadrat eror (SSE) pada lapisan kelima $E_{Z_t} = \sum(Z_t - f)^2$

b. Eror pada Lapisan 4

Pada lapisan 4 terdapat sebanyak dua buah neuron. Propagasi eror yang menuju lapisan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{4j} = \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial y} \right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{4j}} \right) \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan ε_{4j} adalah eror pada neuron ke $-j$ ($j = 1,2$), f_{4j} adalah output neuron lapisan 4 ke- j . Karena $f = \sum \bar{W}_i f_i = \bar{W}_1 f_1 + \bar{W}_2 f_2$, maka :

Sehingga $\frac{\partial f}{\partial f} = \frac{\partial f}{\partial f} = 1$; $\frac{\partial f}{\partial f} = \frac{\partial f}{\partial f} = 1$

$$\varepsilon_{41} = \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f} \right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{42}} \right) = \varepsilon_{51} (1) = \varepsilon_{51}$$

$$\varepsilon_{42} = \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f} \right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{42}} \right) = \varepsilon_{51} (1) = \varepsilon_{51} \dots\dots\dots(2.15)$$

c. Error pada Lapisan 3

Pada lapisan 3 terdapat sebanyak dua buah neuron. Propagasi eror yang menuju lapisan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{3j} = \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f} \right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{4j}} \right) \left(\frac{\partial f_{4j}}{\partial f_{3j}} \right) \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan ε_{3j} adalah eror pada neuron ke- j ($j=1,2$), f_{3j} adalah output neuron lapisan 3 ke- j . Karena $f_{31} = \bar{W}_1$ dan $f_{32} = \bar{W}_2$ maka :

$$\frac{\partial f_{41}}{\partial f_{31}} = \frac{\partial(\bar{w}_1 f_1)}{\partial(\bar{w}_1)} = f_1 ; \frac{\partial f_{42}}{\partial f_{32}} = \frac{\partial(\bar{w}_2 f_2)}{\partial(\bar{w}_2)} = f_2 \dots\dots\dots (2.17)$$

Sehingga

$$\varepsilon_{31} = \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f} \right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{41}} \right) \left(\frac{\partial f_{41}}{\partial f_{31}} \right) = \varepsilon_{51} f_1$$

$$\varepsilon_{32} = \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f} \right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{42}} \right) \left(\frac{\partial f_{42}}{\partial f_{32}} \right) = \varepsilon_{51} f_2$$

$$\dots\dots\dots (2.18)$$

d. Error pada Lapisan 2

Pada lapisan 2 terdapat sebanyak dua buah neuron. Propagasi eror yang menuju lapisan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{21} &= \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f}\right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{41}}\right) \left(\frac{\partial f_{41}}{\partial f_{31}}\right) \left(\frac{\partial f_{31}}{\partial f_{21}}\right) + \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f}\right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{42}}\right) \left(\frac{\partial f_{42}}{\partial f_{32}}\right) \left(\frac{\partial f_{32}}{\partial f_{21}}\right) \\ \varepsilon_{22} &= \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f}\right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{41}}\right) \left(\frac{\partial f_{42}}{\partial f_{32}}\right) \left(\frac{\partial f_{32}}{\partial f_{22}}\right) + \left(\frac{\partial E_{z_t}}{\partial f}\right) \left(\frac{\partial f}{\partial f_{41}}\right) \left(\frac{\partial f_{41}}{\partial f_{31}}\right) \left(\frac{\partial f_{31}}{\partial f_{22}}\right) \end{aligned} \dots\dots (2.19)$$

Dengan f_{21} adalah output neuron ke-1 dan f_{22} adalah output neuron ke-2 pada lapisan 2. Karena $f_{21} = W_1$ dan $f_{22} = W_2$ maka :

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{31}}{\partial f_{21}} &= \frac{\partial \left(\frac{w_1}{w_1 + w_2}\right)}{\partial w_1} = \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \\ \frac{\partial f_{32}}{\partial f_{21}} &= \frac{\partial \left(\frac{w_2}{w_1 + w_2}\right)}{\partial w_1} = -\frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \\ \frac{\partial f_{32}}{\partial f_{22}} &= \frac{\partial \left(\frac{w_2}{w_1 + w_2}\right)}{\partial w_1} = \frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2} \\ \frac{\partial f_{31}}{\partial f_{22}} &= \frac{\partial \left(\frac{w_1}{w_1 + w_2}\right)}{\partial w_2} = -\frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2} \end{aligned} \dots\dots\dots (2.20)$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \varepsilon_{31} &= \varepsilon_{31} \left(\frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2}\right) + \varepsilon_{32} \left(-\frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2}\right) = \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} (\varepsilon_{31} - \varepsilon_{32}) \\ \varepsilon_{32} &= \varepsilon_{32} \left(\frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2}\right) + \varepsilon_{31} \left(-\frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2}\right) = \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} (\varepsilon_{32} - \varepsilon_{31}) \end{aligned}$$

$$\dots\dots\dots (2.21)$$

e. Error pada Lapisan 1

Pada lapisan 1 terdapat sebanyak empat buah neuron. Propagasi error yang menuju lapisan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{11} = \varepsilon_{21} \left(\frac{\partial f_{21}}{\partial f_{11}} \right); \varepsilon_{12} = \varepsilon_{22} \left(\frac{\partial f_{22}}{\partial f_{12}} \right); \varepsilon_{13} = \varepsilon_{21} \left(\frac{\partial f_{21}}{\partial f_{13}} \right); \varepsilon_{14} = \varepsilon_{22} \left(\frac{\partial f_{22}}{\partial f_{14}} \right) \dots (2.22)$$

Karena $f_{21} = W_1 = \mu_{A1}(Z) \cdot \mu_{B1}(Z)$, $f_{22} = W_2 = \mu_{A2}(Z) \cdot \mu_{B2}(Z)$, $f_{11} = A_1$, $f_{12} = A_2$, $f_{13} = B_1$, $f_{14} = B_2$ maka :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \varepsilon_{21} \left(\frac{\partial (\mu_{A_1}(Z) \cdot \mu_{B_1}(Z))}{\partial (\mu_{A_1}(Z))} \right) = \varepsilon_{21} \cdot \mu_{B_1}(Z) \\ \varepsilon_{12} &= \varepsilon_{22} \left(\frac{\partial (\mu_{A_1}(Z) \cdot \mu_{B_1}(Z))}{\partial (\mu_{A_2}(Z))} \right) = \varepsilon_{21} \cdot \mu_{B_2}(Z) \\ \varepsilon_{13} &= \varepsilon_{21} \left(\frac{\partial (\mu_{A_1}(Z) \cdot \mu_{B_1}(Z))}{\partial (\mu_{B_1}(Z))} \right) = \varepsilon_{21} \cdot \mu_{A_1}(Z) \\ \varepsilon_{14} &= \varepsilon_{22} \left(\frac{\partial (\mu_{A_1}(Z) \cdot \mu_{B_1}(Z))}{\partial (\mu_{B_2}(Z))} \right) = \varepsilon_{21} \cdot \mu_{A_2}(Z) \end{aligned} \dots\dots\dots (2.23)$$

Error tersebut digunakan untuk mencari informasi error terhadap parameter a (a_{11} dan a_{12} untuk A_1 dan A_2 , b_{11} dan b_{12} untuk B_1 dan B_2) dan c (c_{11} dan c_{12} untuk A_1 dan A_2 , c_{11} dan c_{12} untuk B_1 dan B_2) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{a_{11}} &= \varepsilon_{11} \left(\frac{\partial f_{11}}{\partial a_{11}} \right) + \varepsilon_{12} \left(\frac{\partial f_{12}}{\partial a_{11}} \right); \varepsilon_{a_{12}} = \varepsilon_{11} \left(\frac{\partial f_{11}}{\partial a_{12}} \right) + \varepsilon_{12} \left(\frac{\partial f_{12}}{\partial a_{12}} \right) \\ \varepsilon_{a_{21}} &= \varepsilon_{13} \left(\frac{\partial f_{13}}{\partial a_{11}} \right) + \varepsilon_{14} \left(\frac{\partial f_{14}}{\partial a_{11}} \right); \varepsilon_{a_{22}} = \varepsilon_{13} \left(\frac{\partial f_{13}}{\partial a_{12}} \right) + \varepsilon_{14} \left(\frac{\partial f_{14}}{\partial a_{12}} \right) \end{aligned}$$

.....(2.24)

2.6 Teknik Prediksi

Terdapat dua kategori umum teknik prediksi yaitu kuantitatif dan kualitatif. Antara lain adalah sebagai berikut :

1. Teknik prediksi kuantitatif meliputi *regression analys, exponential smoothing, moving average, life cycle, box-jenskin, trend line analys, docomposition, stright-line, projection,life cycle analys, simulation, neural network.*
2. Teknik prediksi kuantitatif, meliputi ; *neural network, jury of executiveopinion, sales force coposite, customer expectations (customer survey), delphi dan naive.*

2.6.1 Validasi Prediksi

Error pada prediksi merupakan selisih dari nilai data aktual ($Y(t)$) dengan nilai hasil prediksi $Y^{\wedge}(t)$.

1. Root Mean Squared Error (RMSE)

Kesalahan rata-rata akar kuadrat atau *Root Mean Squared Errors* (RMSE) dengan persamaan:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \hat{t})^2}{n}} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan:

X_t :Nilai aktual pada periode ke t

F_t :Nilai Peramalan pada periode ke t

N :Jumlah data

$X_t - F_t$:Nilai Kesalahan (*error*) pada periode ke t

RMSE adalah metode untuk mengevaluasi teknik peramalan. Akar kuadrat dari hasil masing-masing kesalahan (selisih data aktual dengan data peramalan dikuadratkan kemudian dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah data).

2. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Nilai tengah kesalahan presentase absolute atau *Mean Absolute Percentage*

Error (MAPE), dengan persamaan:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^T \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|}{T} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan :

Y_t = nilai sebenarnya pada waktu ke- t

\hat{y} = nilai dugaan waktu ke- t

T = banyaknya periode peramalan / dugaan

MAPE merupakan presentase yang dihitung dari nilai absolut kesalahan di masing-masing periode dan dibagi dengan nilai data aktual periode tersebut kemudian dicari rata-rata kesalahan. Semakin kecil nilai MAPE semakin baik ramalan yang dihasilkan suatu model peramalan. Dengan membandingkan nilai MAPE antara hasil ramalan suatu metode dengan metode lain maka akan diperoleh metode peramalan terbaik dengan nilai MAPE yang paling kecil

2.7. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang telah menggunakan aplikasi logika Fuzzy dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel. 2.2. Beberapa penelitian yang menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy (Anfis)

No	Peneliti / Tahun	Judul Penelitian
1	M.Fuad FM / 2011	Prediksi ketersediaan beras di masyarakat dengan menggunakan logika fuzzy dan jaringan saraf tiruan dalam upaya meningkatkan ketahanan pangan
2	Mustabsyiroh /2014	Peramalan tingkat produktivitas daerah potensial pangan di kodus
3	Supriyanto / 2012	Prediksi luas panen dan produksi padi di kabupaten banyumas menggunakan metode adaptive neuro-fuzzy inference system (anfis)
4	Sandhika Jaya / 2014	Prediksi Produksi Bawang Merah Dengan Metode <i>Neuro-Fuzzy</i> Dalam Upaya Memenuhi Kebutuhan Bawang Nasional

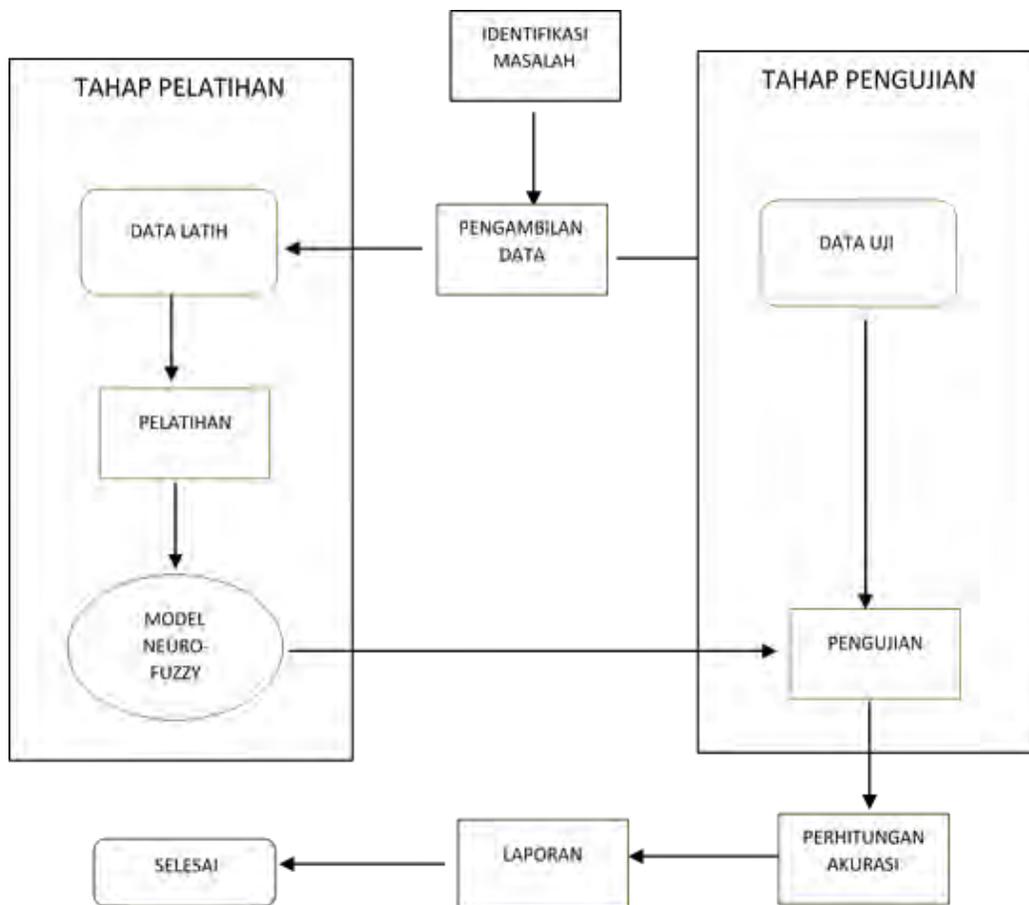
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB III

METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan berdasarkan beberapa tahapan. Tahapan dalam penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Penelitian

3.2 Desain Proses

Desain proses dirancang untuk menentukan urutan kejadian sampai diperoleh laporan hasil yang diinginkan berdasarkan data-data masukan yang ada. Proses yang terdapat dalam sistim ini terdiri atas 6 tahapan.

3.2.1 Identifikasi Masalah

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi permasalahan yang dihadapi oleh pemerintah dalam memprediksi jumlah produksi benih padi berdasarkan luas panen dan produktivitas, serta identifikasi kebutuhan informasi dan pengetahuan yang mendukung pada penentuan jumlah produksi benih padi. Hasil dari tahapan identifikasi masalah adalah:

- (a). Mendapatkan gambaran informasi dan pengetahuan yang dibutuhkan oleh pemerintah dalam memenuhi kebutuhan benih padi yang ada di Provinsi Maluku,
- (b) Dokumentasi teknologi yang digunakan dalam prediksi produksi benih padi.

3.2.2 Pengambilan Data

Pada tahap ini, data-data yang akan digunakan dikumpulkan. Data yang digunakan berasal dari UPTD Balai Pengawasan Dan Sertifikasi Benih Pertanian Provinsi Maluku. Data yang digunakan adalah data laporan sepuluh harian yang dimulai dari tahun 2013-2015. Dari data yang ada kemudian ditentukan parameter berdasarkan komponen penilain ketersediaan benih pada UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih yang meliputi : data sisa stok periode lalu sebanyak 108 data, data tambah stok sebanyak 108 data, data jumlah stok sebanyak 108 data, data tersalur sebanyak 108 data dan data sisa stok sebanyak 108 data. Data ini kemudian di olah menjadi data bulanan selama tiga tahun sehingga masing-masing komponen data tersisa 36 data.

3.2.3 Pelatihan Data

Pada tahap ini, data dasar diproses menggunakan metode neuro-fuzzy dengan tipe Takagi-Sugeno orde -1 sebagai data masukan *Fuzzy*. Data tersebut adalah data sisa stok

periode lalu, tambah stok, jumlah stok, penyaluran benih serta sisa stok benih yang ada dimulai dari tahun 2013. Proses yang akan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Fuzzyfikasi masukan. Input data pada tahapan ini diterima oleh system, lalu system menentukan keanggotaannya.
2. Menjalankan operator Fuzzy. Tahap ini dilakukan setelah data masukan mengalami fuzzyfikasi dan pada tahapan ini fungsi anggotanya telah diketahui.
3. Proses implikasi. Proses ini diperlukan bobot nilai dengan selang 0 – 1 yang kemudian membentuk gugus fungsi keanggotaan. Masukan pada tahapan ini adalah nilai yang dihasilkan anteseden dan keluarannya adalah gugus fuzzy.
4. Proses Agregasi. Adalah proses penggabungan keluaran untuk setiap aturan menjadi satu nilai fuzzy. Inputnya hasil implikasi untuk setiap aturan.
5. Defuzzyfikasi. Data defuzzyfikasi adalah gugus fuzzy hasil dari agregasi dan outputnya merupakan nilai tunggal.

Software yang digunakan untuk memproses data menggunakan MATLAB R2008A edisi mahasiswa dengan toolbox ANFIS.

3.2.4 Pengujian data

Pada tahap ini, data uji adalah data luas lahan pertanian, produksi panen, penyaluran benih serta sisa stok yang ada tiga tahun terakhir dimulai dari tahun 2012.

3.2.5 Perhitungan Akurasi

Pada tahap ini, akan diukur tingkat keakurasian antara antara hasil prediksi dengan data riil yang sudah ada. Kemudian akan diakumulasikan menjadi total error.

3.2.6 Dokumentasi

Rampungan dari hasil yang di dapat kemudian akan dituangkan dalam suatu bentuk laporan ilmiah.

3.3. Jadwal Penelitian

Penelitian yang akan dilaksanakan direncanakan mulai dari Bulan Januari sampai Juni 2016. Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3.1. Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian.

No	Kegiatan	Bulan					
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mey	Jun
1	Proses Awal	■	■				
2	Pengumpulan Data	■	■				
3	Pengujian Data		■	■	■	■	
4	Pengolahan Data Teknis		■	■	■	■	
5	Pengujian dan Validasi					■	■
6	Penulisan Laporan				■	■	■
7	Publikasi						■

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan rumusan masalah yang diangkat, maka yang akan dibahas adalah Produksi benih padi (*Oryza Sativa.L*) yang akan diprediksi dengan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Anfis). Penyelesaian masalah produksi benih padi tersebut menggunakan Anfis, yaitu dengan pendekatan metode Sugeno orde 1. Untuk menentukan Produksi benih padi yang ada di Provinsi Maluku. Dari hasil penelitian ketersediaan benih yang dilakukan pada UPTD BPSBBPP Provinsi Maluku melalui infentarisasi data laporan sepuluh harian selama tiga tahun terakhir dari tahun 2013 – 2015 meliputi Sisa Periode lalu, Tambah Stok, Jumlah Benih, Tersalur, Sisa Stok dan Produksi, serta data luas lahan pertanian Provinsi Maluku pada Dinas Pertanian untuk mendapatkan kebutuhan aktual benih Data tersebut kemudian diolah untuk mendapat data bulanan seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Data ketersediaan benih Padi Provinsi Maluku Tahun 2013 -2015

No	Tanggal	Sisa periode lalu (Ton)	Tambah Stok (Ton)	Jumlah stok (Ton)	Tersalur (Ton)	Sisa Stok (Ton)	Perkiraan Produk si (Ton)	Kebutuhan Benih Aktual (Ton)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	31/1/2013	47.00	32.41	79.41	0.00	79.41	39.5	51.22
2	28/2/2013	79.41	38.00	117.41	0.00	117.41	44.06	51.22
3	31/3/2013	108.00	23.12	131.12	15.22	115.90	52.3	51.22
4	30/4/2013	51.50	43.00	94.50	18.34	76.16	55.22	49.50
5	31/5/2013	125.40	0.00	125.40	57.21	68.19	45.15	49.50
6	30/6/2013	58.58	0.00	58.58	55.33	3.25	28.17	49.50
7	31/7/2013	1.75	0.00	1.75	0.00	1.75	1.04	49.50
8	31/8/2013	23.25	9.00	32.25	12.00	20.25	19.43	49.50
9	30/9/2013	95.00	15.00	110.00	37.00	73.00	59.31	60.99
10	31/10/2013	239.75	49.30	289.05	88.00	201.05	132.38	60.99
11	30/11/2013	274.96	5.80	280.76	82.80	197.96	82.11	60.99

Lanjutan Tabel.4.1 . Data ketersediaan benih Padi Pada Provinsi Maluku Tahun 2013 -2015

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
12	31/12/2013	94.34	0.00	94.34	21.24	73.10	43.34	60.99
13	31/1/2014	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	22.01	51.10
14	28/2/2014	42.50	18.21	60.71	11.20	49.51	35.59	51.10
15	31/3/2014	51.50	26.82	78.32	25.00	53.32	48.29	51.10
16	30/4/2014	51.50	20.00	71.50	29.00	42.50	43.57	51.10
17	31/5/2014	123.86	0.00	123.86	57.00	66.86	44.66	51.10
18	30/6/2014	168.64	0.00	168.64	12.34	156.31	76.81	51.10
19	31/7/2014	197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	66.92	51.10
20	31/8/2014	197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	66.92	54.05
21	30/9/2014	219.61	0.00	219.61	0.00	219.61	62.96	54.05
22	31/10/2014	235.53	59.30	294.83	94.90	199.93	156.01	54.05
23	30/11/2014	225.08	0.00	225.08	27.50	197.58	88.54	54.05
24	31/12/2014	49.75	0.00	49.75	37.86	89.42	37.44	54.05
25	31/1/2015	20.01	1.20	21.21	1.46	19.75	12.19	54.05
26	28/2/2015	17.07	0.66	17.73	0.00	17.73	10.14	54.05
27	31/3/2015	16.62	0.00	16.62	0.00	16.62	9.49	54.05
28	30/4/2015	116.12	15.22	131.34	9.37	121.97	41.18	57.87
29	31/5/2015	96.27	8.13	104.40	66.83	37.58	46.93	57.87
30	30/6/2015	29.45	12.76	42.21	12.34	29.88	25.45	57.87
31	31/7/2015	15.62	0.00	15.62	0.00	15.62	8.95	57.87
32	31/8/2015	37.12	2.00	39.12	0.00	39.12	20.89	57.87
33	30/9/2015	141.35	0.00	141.35	0.00	141.35	11.25	62.43
34	31/10/2015	341.80	49.30	391.10	0.00	391.10	122.24	62.43
35	30/11/2015	423.91	0.00	423.91	112.49	311.42	153.95	62.43
36	31/12/2015	151.80	0.00	151.80	47.62	104.18	82.45	62.43

Dari data yang diperoleh maka dapat dilihat bahwa jumlah benih yang paling tinggi untuk masing-masing variabel adalah. Untuk sisa periode lalu yang paling tertinggi adalah 423,91 Ton dan yang paling rendah adalah 1,75 Ton. Untuk tambah

stok jumlah benih yang paling tinggi adalah 59,30 Ton dan yang paling rendah adalah 0,00 Ton. Hal ini karena pada bulan-bulan dengan tambah stok 0,00 belum ada produksi benih. Untuk jumlah benih yang paling tinggi adalah 4.23 Ton dan yang paling rendah adalah 1.75 Ton. Untuk penyaluran benih yang paling tinggi 112.49 Ton dan yang paling rendah adalah 0.00 Ton.

Untuk penyaluran benih dengan kondisi 0.00 permintaan benih karena masih belum masuk pada musim tanam. Untuk sisa stok yang paling tinggi adalah 391,10 Ton dan yang paling rendah adalah 1,75 Ton.

4.1. Analisa Data

Pada tahap melakukan penganalisaan data berdasarkan pada data yang telah ada dan diperoleh pada tahap pengumpulan data, maka akan dilakukan beberapa perancangan tahap penyelesaian perangkat lunak. Berdasarkan literatur-literatur yang ada dan observasi lapangan, data disusun dan dikelompokkan dalam bentuk tabel multi kriteria sederhana. Hal ini agar mempermudah dalam analisa dan proses data. Pada tahap ini juga akan dijelaskan analisa penyelesaian permasalahan, analisa perangkat lunak yang akan digunakan pada penelitian ini dan perancangan dengan melakukan transformasi analisis ke model perancangan dengan menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Analisis terhadap masalah pada penelitian ini yakni pada prediksi Produksi benih padi berdasarkan analisis ketersediaan benih. Dengan menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* untuk melakukan prediksi, data yang akan digunakan pada prediksi berdasarkan data-data yang ada yang akan diteliti.

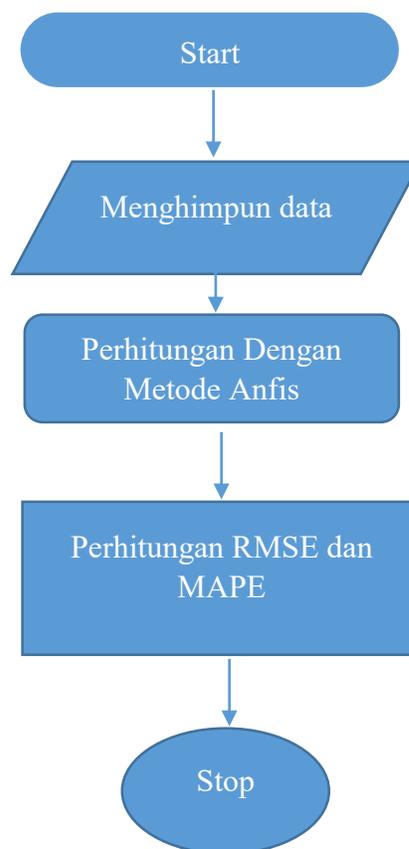
Dari data yang ada kemudian dibuat permodelan prediksi berdasarkan parameter yang ditemui dengan membuat lingkup linguistik terhadap variabel yang ada dalam pengelompokan data sebagai berikut

1. Variabel Sisa Periode lalu dengan tiga linguistik yaitu tinggi, sedang dan rendah.
2. Variabel tambah Stok dengan tiga linguistic yaitu tinggi, sedang dan rendah.

3. Jumlah Stok dengan tiga linguistik yaitu tinggi, sedang dan rendah
4. Variabel tersalur penyaluran benih dengan tiga linguistik yaitu tinggi, sedang dan rendah
5. Variabel sisa stok dengan tiga linguistik tinggi, sedang dan rendah
6. Variabel produksi dengan tiga linguistik yaitu tinggi, sedang dan rendah.

4.2. Analisa Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Permasalahan yang akan diselesaikan adalah membuat suatu prediksi yang dapat meramalkan produksi benih. Langkah-langkah yang dilakukan untuk memprediksi dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) terlihat pada *flowchart* berikut:



Gambar 4.1. Alur Tahapan Analisis Anfis

4.3 Mengelola Data Dengan ANFIS

Desain struktur data harus menggunakan himpunan *fuzzy*. Data dibedakan atas kriteria dan parameter. Kriteria yang digunakan adalah kondisi ketersediaan benih yang ditemui berdasarkan data yang ada. Kriteria ini direpresentasikan sebagai data *fuzzy*. Masing-masing kriteria memiliki parameter yang mencerminkan keanggotaan pada himpunan *fuzzy* seperti terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.2 Himpunan Fuzzy Ketersediaan Benih

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
Input	X1(Sisa Periode Lalu)	[0 500]
	X2 (Tambah Stok)	[0 115]
	X3 (Jumlah Stok)	[0 500]
	X4 (Tersalur)	[0 115]
	X5 (Sisa Stok)	[0 500]
Output	Y (Produksi Benih)	[0 500]

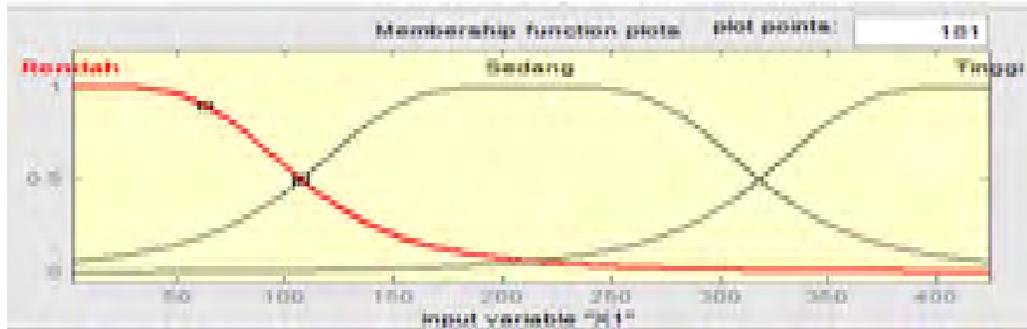
Dalam sistem *fuzzy* keanggotaan ini direpresentasikan dalam membership function (mf). Nilai fungsi keanggotaan masing-masing dijelaskan sebagai berikut:

- a. Sisa Periode Lalu (X1) terdiri atas 3 himpunan fuzzy yaitu rendah, sedang dan tinggi seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.3. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Sisa Periode lalu:

Variabel	Himpunan Fuzzy	Selang
Sisa Periode Lalu (X1)	Tinggi	281.44 – 423,91
	Sedang	140.72 - 281.4
	Rendah	1,75 – 140.72

Dari kondisi di atas maka dibentuk *membership function* sisa periode lalu seperti pada gambar di bawah ini:



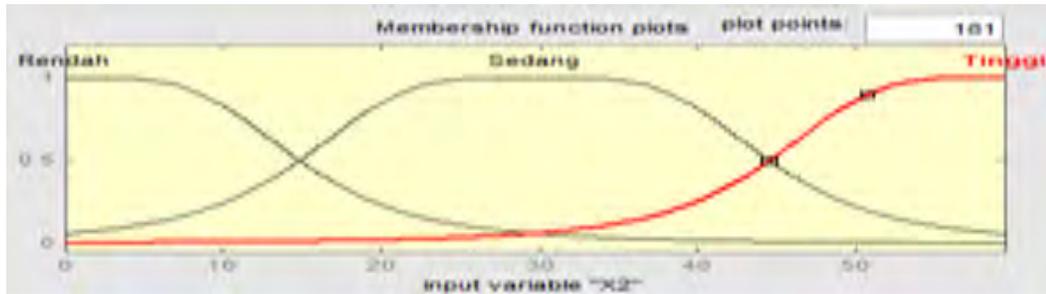
Gambar 4.2. Member Function Variabel Sisa Periode lalu (X1)

- b. Tambah Stok (X2) terdiri atas 3 himpunan fuzzy yaitu rendah, sedang dan tinggi seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.4. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Tambah Stok :

Variabel	Himpunan Fuzzy	Selang
Jumlah Stok (X2)	Tinggi	39.53 – 59,30
	Sedang	19.77 - 39.53
	Rendah	0.00 – 19.77

Dari kondisi di atas maka dibentuk *membership function* sisa periode lalu seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.3. Member Function Variabel Tambah Stok (X2)

- c. Jumlah Stok (X3) terdiri atas 3 himpunan fuzzy yaitu rendah, sedang dan tinggi Seperti pada Tabel berikut :

Tabel 4.5. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Jumlah Stok:

Variabel	Himpunan Fuzzy	Selang
Jumlah Stok (X3)	Tinggi	281.44 – 423,91
	Sedang	140.72 - 281.4
	Rendah	1,75 – 140.72

Dari kondisi di atas maka dibentuk *membership function* sisa periode lalu seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.4. Member Function Variabel Jumlah Stok (X3)

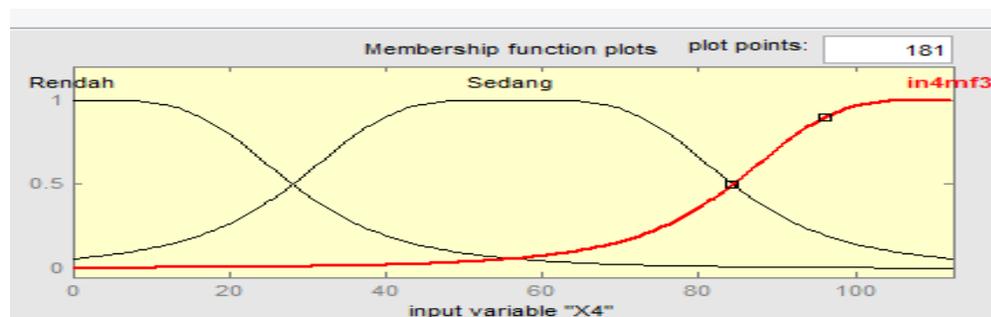
d. Tersalur (X4) terdiri atas 3 himpunan fuzzy yaitu rendah, sedang dan tinggi

Seperti pada Tabel berikut :

Tabel 4.6. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Tersalur:

Variabel	Himpunan Fuzzy	Selang
Penyaluran (X4)	Tinggi	74.99 – 112.49
	Sedang	37.50 – 74.99
	Rendah	0.00 – 37.50

Dari kondisi di atas maka dibentuk *membership function* Tersalur seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.5. Member Function Variabel Tersalur (X4)

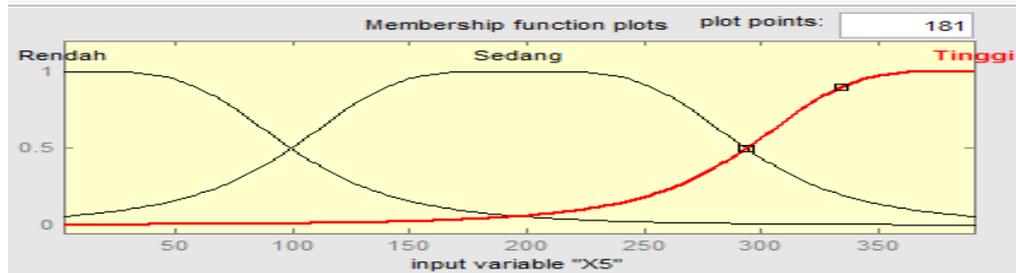
e. Sisa Stok (X5) terdiri atas 3 himpunan fuzzy yaitu rendah, sedang dan tinggi

Seperti pada Tabel berikut :

Tabel 4.7. Bentuk Variabel dan Himpunan Fuzzy pada Data Sisa Stok:

Variabel	Himpunan Fuzzy	Selang
Sisa Stok (X5)	Tinggi	259.56 – 391,10
	Sedang	129.78 - 259.56
	Rendah	1,75 – 129.78

Dari kondisi di atas maka dibentuk membership function sisa periode lalu seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.6. Member Function Variabel Sisa Stok (X5)

Dari aturan tersebut kemudian dibuat himpunan Fuzzy ketersediaan benih dengan linguistik tinggi, sedang dan rendah seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.8. Himpunan Fuzzy Untuk Produksi

Variabel	Linguistik	Selang
Perkiraan Produksi (Y)	Tinggi	186,88 – 279.79
	Sedang	92,91 - 186,88
	Rendah	1,75 – 92,91

4.4 Implementasi

Analisa merupakan proses mengkaji suatu masalah dengan menggunakan suatu metode, selanjutnya dilakukan pengimplementasian hasil analisa tersebut yang kemudian akan diuji kebenaran hasil dari analisis yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan untuk menemukan kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi.

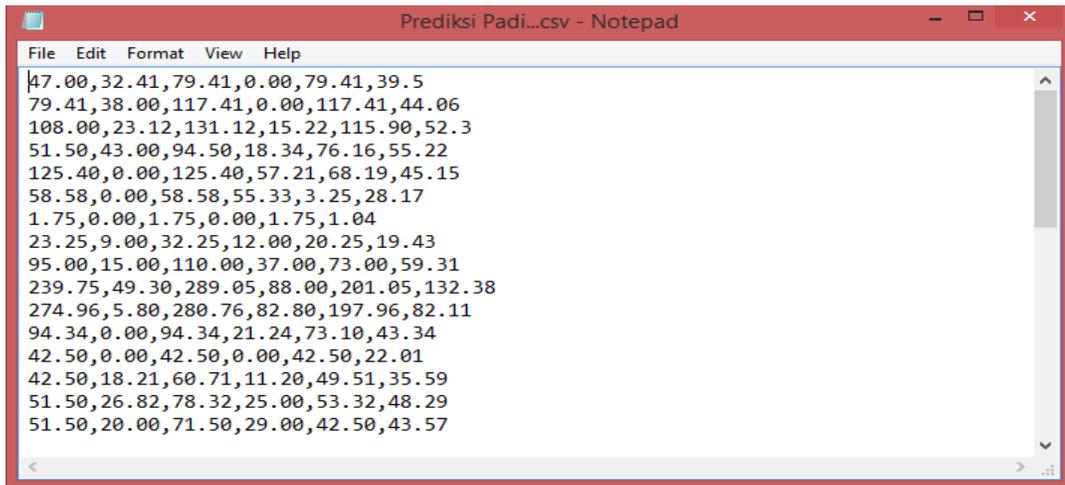
Penerapan data Ketersediaan Benih selama tiga tahun sebagai pertimbangan untuk menghasilkan nilai atau prediksi produksi benih yang akan dihasilkan, berikutnya data historis ketersediaan benih yang diperoleh menggunakan metode anfis.

4.4.1 Lingkungan Implementasi dan Pengujian

Pada implementasi dan pengujian hasil analisa ini, digunakan aplikasi untuk tahap pengujian terhadap analisa

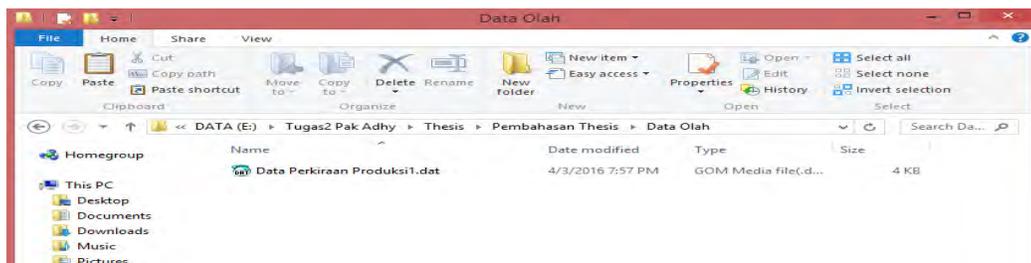
Data yang dimasukkan ke editor ANFIS adalah berupa matriks *input* dan *output* sekaligus. Data yang terdapat pada kolom pertama merupakan *input*

Kolom pertama Sisa Periode Lalu (X1), Kolom kedua Tambah Stok (X2), Kolom ketiga Jumlah Stok (X3), kolom keempat Penyaluran (X4), kolom kelima Sisa Stok (X5), dan data pada kolom terakhir kolom ke enam merupakan *output* target adalah Perkiraan Produksi (Y). Sebelumnya data yang ada dalam bentuk Excel dirubah dalam bentuk csv untuk bisa dibaca oleh anfis seperti pada gambar 4.7. berikut :



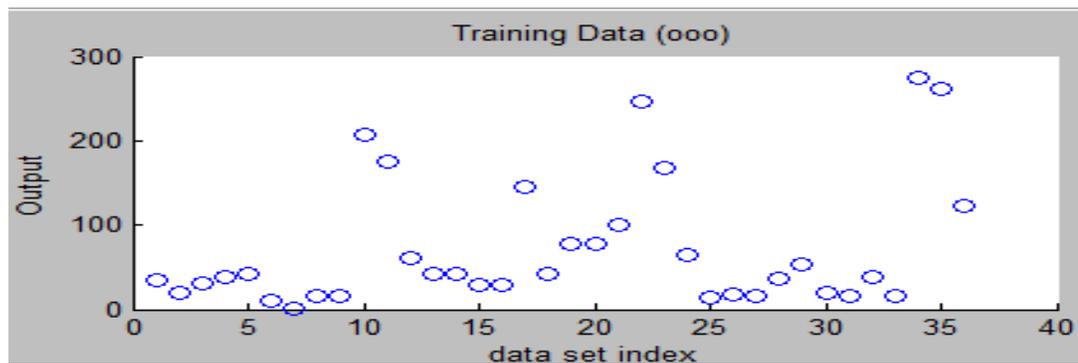
Gambar 4.7. Tampilan data pada Editor Notepad

Data kemudian dirubah menjadi bentuk Dat Setelah itu disimpan dalam sebuah Folder untuk kemudian diolah seperti pada gambar 4.8. berikut :



Gambar 4.8. Tampilan Data Pada Dat

Berikutnya data yang telah dipreprosesing kemudian ditraining untuk menentukan sebaran data yang ada maka akan muncul seperti pada gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 4.9. Hasil Pelatihan Training Anfis

Pada isian *generate FIS*, pilih *grid partition*, hal ini dikarenakan pada *grid partition* berguna apabila kita ingin menentukan jumlah aturan dan fungsi keanggotaan sendiri, oleh karena itu tidak digunakan *Subclustering*. Selanjutnya, dilanjutkan dengan mengklik tombol *Generate FIS*, maka akan muncul jendela yang baru. Pada tahap ini digunakan *grid partition* untuk meng-*generate FIS*. Dimana *grid partition* merupakan pemilihan *type membership Function*, jumlah *membership function* dan tipe *output* yang diinginkan.

4.4.2 Proses Fuzzifikasi

Variabel yang digunakan dalam proses *fuzzifikasi* ini terdiri atas lima variabel *input* yang diperoleh dari data stok benih yang ada, serta satu buah variabel *output* yang juga diperoleh dari data historis perkiraan produksi yang telah dinormalisasi.

4.4.2.1 Input

Dalam penilaian input ini yang dilakukan adalah penentuan fungsi keanggotaan (*membership function*) pada data yang telah dibentuk sesuai dengan kondisi penetapan yang dilakukan.

4.4.2.2 Output

Inferensi output metode Takagi-Sugeno yang dihasilkan berupa persamaan *linier*. Gambaran *inferensi output*, akan terlihat seperti gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10. Inferensi Output yang dihasilkan

4.4.2.3 Rule

Rule yang dihasilkan dengan menggunakan ANFIS dengan parameter yang telah ditetapkan akan diperoleh sebanyak 243 rule yang merupakan kombinasi dari

kondisi yang telah dibangun pada member function. Berikut sepuluh Rule yang ditampilkan sebagai bentuk kombinasi yang terjadi seperti pada tabel 4.9 di bawah ini :

Tabel 4.9. Rule Base Ketersediaan Benih Padi

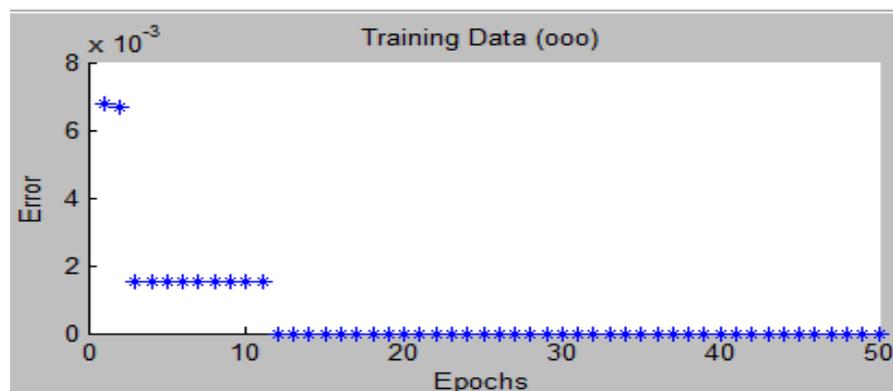
Rule Ke	Rule Base
1	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and (X4 is rendah) and (X5 is Rendah) then (Y is Rendah)
2	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and X4 is Rendah and (X5 is sedang) then (Y is Rendah)
3	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and X4 is Rendah and (X5 is tinggi) then (Y is Rendah)
4	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and (X4 is Sedang) and (X5 is Rendah) then (Y is Rendah)
5	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and(X4 is Sedang) and (X5 is sedang) then (Y is Rendah)
6	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and (X4 is sedang) and (X5 is tinggi) then (Y is Rendah)
7	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and (X4 is Tinggi and (X5 is Rendah) then (Y is Rendah)
8	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and (X4 is Tinggi and (X5 is sedang) then (Y is Rendah)
9	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is Rendah) and X4 is Tinggi and (X5 is tinggi) then (Y is Rendah)
10	If (X1 is Rendah) and (X2 is Rendah) and (X3 is sedang) and (X4 is Rendah) and (X5 is rendah) then (Y is Rendah)

4.4.3 Pelatihan (*Training*) ANFIS

Untuk pelatihan FIS, ANFIS menyediakan dua metode optimasi parameter fungsi keanggotaan yaitu *Backpropagation* dan *Hybrid* (gabungan *backpropagation*

dan *least square*). Untuk penelitian ini adalah menggunakan optimasi *Hybrid*. Untuk menghentikan proses *training*, ANFIS menggunakan nilai *error tolerance*, sehingga jika setelah *training data error* memasuki daerah *error tolerance* ini maka *training* akan berhenti. Dipilih *error tolerance* sebesar 0. Kemudian banyaknya *epoch* (iterasi) proses *training* ditentukan sebanyak 50 kali iterasi.

Hasil yang didapat setelah dilakukan training pada Anfis yang dilakukan akan terlihat seperti gambar 4.11 sebagai berikut :



Gambar 4.11. Hasil Training

Output dari ANFIS ini adalah *Root Mean Square Error* (RMSE). *Error* yang terjadi menunjukkan tingkat keakurasian struktur ANFIS yang telah disusun dalam mengenali pola data. Kurva biru menunjukkan konvergensi *Root Mean Square Error* (RMSE) dari data *training*. Kurva konvergensi ini digunakan untuk mengevaluasi hasil dari proses *training* yang dilakukan. Dari grafik konvergensi dapat dilihat bahwa jaringan memiliki *trendescending* (semakin menurun). Apabila penurunan pada RMSE sudah tidak signifikan, proses *training* bisa dihentikan. Pada gambar 4.11 terlihat bahwa proses *hybrid* training dengan menggunakan type *membership function gbellmf* langsung dapat mencapai *error* minimalnya pada iterasi ke-2 dan selanjutnya tidak terjadi lagi perubahan. Karena ANFIS yang telah disusun telah dapat mencapai *error* yang diinginkan, ini berarti jaringan telah mempelajari data dengan baik sehingga siap untuk digunakan dalam melakukan prediksi atau peramalan.

Pada gambar yang ada terlihat bahwa pencapaian titik *error* tetap epoch (iterasi ke -2). pada angka 0,0015364 pada saat error 0,057018 mencapai 2. Artinya bahwa proses *training* menghasilkan *error* minimum pada nilai dari toleransi *error* yang kita definisikan telah dipelajari oleh system, sehingga akan tetap konstan sampai pada selesai jumlah *epoch*/ iterasi yang sudah ditentukan.

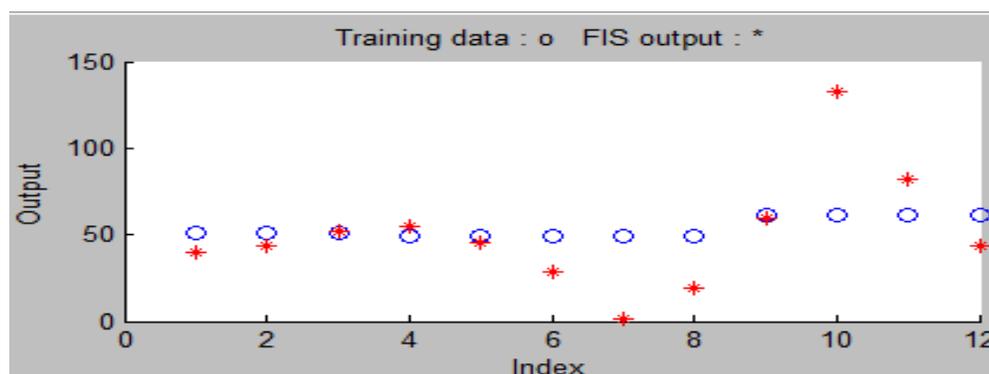
Dengan nilai *error* yang kecil maka struktur ANFIS dengan *output linier* dapat digunakan sebagai arsitektur untuk melakukan prediksi atau peramalan. Sedangkan proses prediksi sendiri akan dilakukan secara manual.

4.4.4 Pengujian Pasca *Training* ANFIS

Untuk mengetahui *performance* ANFIS yang telah di-*training* dengan data awal (data produksi .dat), kita bisa melakukan validasi data untuk mengetahui apakah sistim prediksi ini dapat diterapkan pada data yang lain. Jika system ini bisa diterapkan pada data ketersediaan benih padi yang lain dan menghasilkan nilai *error* yang kecil, maka system dikatakan valid. Dalam validasi system, kita membutuhkan data lain selain yang digunakan dalam menyusun system.

Dengan program yang sama maka dilakukan pelatihan data dengan melakukan cheking data kebutuhan benih yang riil selain data yang digunakan dalam proses pembelajaran.

Dalam pengujian ini, menggunakan data kebutuhan benih aktual 1 tahun lalu untuk proses validasinya. Hasil proses tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12 sebagai berikut :



Gambar 4.12. Hasil Perbandingan Prediksi Ketersediaan Padi dengan Kondisi Aktual

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa sistim ini cukup valid dalam memprediksi produksi benih padi yang ada. Simbol bintang biru merupakan data riil yang ada, sedangkan simbol bintang merah merupakan hasil prediksi menggunakan sistem ini. Terlihat bahwa Rata-rata testing eror masih tinggi yaitu 28. 5847.

Terjadi simpangan yang cukup tinggi akibat range data yang terlalu besar, hal ini terjadi karena pada bulan-bulan tertentu tidak termasuk dalam musim produksi benih padi sehingga ketersediaan pada bulan-bulan tersebut ketersediaannya rendah.

Ada juga kejadian dimana terdapat produksi benih yang tinggi namun belum tersalurkan kepada petani sehingga mengakibatkan stok benih yang tinggi melebihi ketersediaan benih yang diperlukan di lapangan. Juga karena luas areal tanam benih padi tidak berubah setiap waktu, tapi mengikuti musim tanam yang ada sehingga nilai ketersediaan benih yang ada tidak berubah atau tetap.

4.5 Proses Defuzzifikasi

Pada tahap *defuzzification* ini kita dapat memperoleh nilai pasti (*best value*) dari data benih padi yang ada. Pada tahap melihat *rule* dimaksudkan untuk mendapatkan hasil dari nilai *fuzzy* setelah dibuatkan ke dalam logika *fuzzy* dengan *output* ketersediaan benih padi (Y) seperti yang terlihat pada Tabel 4.10. sebagai berikut :

Tabel 4.10. Hasil *defuzzyfication* Benih Padi

X1	X2	X3	X4	X5	Y
47.00	32.41	79.41	0.00	79.41	39.50
79.41	38.00	117.41	0.00	117.41	44.10

108.00	23.12	131.12	15.22	115.90	52.30
51.50	43.00	94.50	18.34	76.16	55.20
125.40	0.00	125.40	57.21	68.19	45.10
58.58	0.00	58.58	55.33	3.25	28.20
1.75	0.00	1.75	0.00	1.75	1.04
23.25	9.00	32.25	12.00	20.25	19.40
95.00	15.00	110.00	37.00	73.00	59.30
239.75	49.30	289.05	88.00	201.05	132.00
274.96	5.80	280.76	82.80	197.96	82.10
94.34	0.00	94.34	21.24	73.10	43.30
42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	22.00
42.50	18.21	60.71	11.20	49.51	35.60
51.50	26.82	78.32	25.00	53.32	48.30
51.50	20.00	71.50	29.00	42.50	43.60
123.86	0.00	123.86	57.00	66.86	44.70
168.64	0.00	168.64	12.34	156.31	76.80
197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	66.90
197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	66.90
219.61	0.00	219.61	0.00	219.61	63.00
235.53	59.30	294.83	94.90	199.93	156.00
225.08	0.00	225.08	27.50	197.58	88.50
49.75	0.00	49.75	37.86	89.42	37.40
20.01	1.20	21.21	1.46	19.75	12.20
17.07	0.66	17.73	0.00	17.73	10.10
16.62	0.00	16.62	0.00	16.62	9.49
116.12	15.22	131.34	9.37	121.97	41.20
96.27	8.13	104.40	66.83	37.58	46.90
29.45	12.76	42.21	12.34	29.88	25.40

Lanjutan Tabel 4.10. Hasil *defuzzification* Benih Padi

15.62	0.00	15.62	0.00	15.62	8.95
37.12	2.00	39.12	0.00	39.12	20.90

141.35	0.00	141.35	0.00	141.35	11.20
341.80	49.30	391.10	0.00	391.10	122.00
423.91	0.00	423.91	112.49	311.42	154.00
151.80	0.00	151.80	47.62	104.18	82.50

Kemudian semua nilai dari masing-masing variabel *input* kita masukkan misalnya digunakan data ke-1 dan dibuat perbandingan antara perhitungan manual dengan hasil Anfis. Hasil perbandingan antara kedua cara tersebut dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11. Hasil Perbandingan antara perhitungan manual dengan proses Anfis :

No	Tanggal	Perhitungan manual (Ton)	Perhitungan Anfis (Ton)	Selisih
1	31/1/2013	39.5	39.50	0
2	28/2/2013	44.06	44.10	0.04
3	31/3/2013	52.3	52.30	0
4	30/4/2013	55.22	55.20	0.02
5	31/5/2013	45.15	45.10	0.05
6	30/6/2013	28.17	28.20	0.03
7	31/7/2013	1.04	1.04	0
8	31/8/2013	19.43	19.40	0.03
9	30/9/2013	59.31	59.30	0.01
10	31/10/2013	132.38	132.00	0.38
11	30/11/2013	82.11	82.10	0.01
12	31/12/2013	43.34	43.30	0.04
13	31/1/2014	22.01	22.00	0.01
14	28/2/2014	35.59	35.60	0.01

Lanjutan Tabel 4.11. Hasil Perbandingan antara perhitungan manual dengan proses Anfis :

15	31/3/2014	48.29	48.30	0.01
16	30/4/2014	43.57	43.60	0.03
17	31/5/2014	44.66	44.70	0.04
18	30/6/2014	76.81	76.80	0.01
19	31/7/2014	66.92	66.90	0.02
20	31/8/2014	66.92	66.90	0.02
21	30/9/2014	62.96	63.00	0.04
22	31/10/2014	156.01	156.00	0.01
23	30/11/2014	88.54	88.50	0.04
24	31/12/2014	37.44	37.40	0.04
25	31/1/2015	12.19	12.20	0.01
26	28/2/2015	10.14	10.10	0.04
27	31/3/2015	9.49	9.49	0
28	30/4/2015	41.18	41.20	0.02
29	31/5/2015	46.93	46.90	0.03
30	30/6/2015	25.45	25.40	0.05
31	31/7/2015	8.95	8.95	0
32	31/8/2015	20.89	20.90	0.01
33	30/9/2015	11.25	11.20	0.05
34	31/10/2015	122.24	122.00	0.24
35	30/11/2015	153.95	154.00	0.05
36	31/12/2015	82.45	82.50	0.05

Dari data tersebut terlihat bahwa selisih antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan anfis sangat kecil, dengan rata-rata selisih sebesar 0.04. Selisih terbesar dari perhitungan adalah 0.38 pada data ke-10 atau pada bulan Oktober 2013 dan yang paling rendah atau memiliki perhitungan yang sama ada pada data ke 1,3,7,27,31. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi antara perhitungan manual dengan anfis dapat dikatakan sangat tinggi.

Selain dengan menggunakan cara tersebut, kita juga bisa melakukan proses pencarian nilai *output* ini juga bisa dilakukan untuk beberapa *input* sekaligus yang dilakukan pada tools yang ada. Pertama-tama ketik perintah berikut: *fis=readfis('Produksi')*, maka akan tampil informasi seperti gambar 4.13 :

```
>> fis=readfis('prediksi_padi2')
    fis =
        name: 'Prediksi_Padi2'
         type: 'sugeno'
    andMethod: 'prod'
    orMethod: 'probor'
defuzzMethod: 'wtaver'
    impMethod: 'prod'
    aggMethod: 'sum'
     input: [1x5 struct]
     output: [1x1 struct]
     rule: [1x243 struct]
```

Gambar 4.13. Hasil Perintah *Readfis*

Selanjutnya dengan melakukan evaluasi FIS yang sudah dibuat, maka akan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Evalfis :

No	Hasil Evalfis						
----	---------------	----	---------------	----	---------------	----	---------------

1	39.5001	10	132.3739	19	66.9199	28	41.1800
2	44.0598	11	82.1099	20	66.9199	29	46.9300
3	52.300	12	43.3400	21	62.9599	30	25.4500
4	55.2200	13	22.0099	22	156.0100	31	8.9469
5	45.1496	14	35.5900	23	88.5401	32	20.8900
6	28.1701	15	48.2900	24	37.4400	33	11.2500
7	1.0402	16	43.5700	25	12.1900	34	122.2356
8	19.4300	17	44.6600	26	10.1400	35	153.9524
9	59.3099	18	76.8118	27	9.4930	36	82.4500

Hasil dari tampilan data di atas adalah sama dengan data anfis pada tabel sebelumnya. Untuk lebih menentukan hasil yang lebih akurat pada pelatihan yang telah dilakukan dengan anfis, kita dapat menghitung per data yang ada menggunakan anfis dengan menggunakan proses *training* data pada GUI ANFIS sebelumnya, maka bisa dilanjutkan dengan langkah sebagai berikut:

1. Masukkan data *input* yang akan dicari nilai *output*-nya, dengan menggunakan perintah *evalfis*.

```
PrediksiProduksiPadi1=evalfis([47.00 32.41 79.41 0.00 79.41],fis)
PrediksiProduksiPadi1 = 39.5001
```

2. Masukkan data *input* ke-2 yang akan dicari nilai *output*-nya,

```
PrediksiProduksiPadi2=evalfis([79.41 38.00 117.41 0.00 117.41],fis)
PrediksiProduksiPadi2 = 44.0598
```

3. Masukkan data *input* ke-3 yang akan dicari nilai *output*-nya,

```
>> PrediksiProduksiPadi3=evalfis([108.00 23.12 131.12 15.22 115.90],fis)
PrediksiProduksiPadi3 = 52.3000
```

4. Masukkan data *input* ke-4 yang akan dicari nilai *output*-nya,

```
>> PrediksiProduksiPadi4=evalfis([51.50 43.00 94.50 18.34 76.16],fis)
```

$$\text{PrediksiProduksiPadi4} = 55.2200$$

5. Masukkan data input ke-5 yang akan dicari nilai output-nya,

$$\gg \text{PrediksiProduksiPadi5} = \text{evalfis}([125.40 \ 0.00 \ 125.40 \ 57.21 \ 68.19], \text{fis})$$

$$\text{PrediksiProduksiPadi5} = 45.1496$$

Kemudian untuk mengetahui akurasi data, maka kita membuat nilai eror dari prediksi yang dilakukan berdasarkan perhitungan pada system anfis dengan ketersediaan aktual padi yang ada di lapangan seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.13. Perbandingan Hasil Perhitungan Anfis dengan kondisi aktual di lapangan berdasarkan RMSE dan MAPE

No	Tanggal	Kebutuhan Benih Aktual (Ton)	Kebutuhan benih Anfis (Ton)	MAPE	RMSE
1	31/1/2013	51.22	39.5	0.228817	11.72
2	28/2/2013	51.22	44.06	0.139789	7.16
3	31/3/2013	51.22	52.3	-0.02109	1.08
4	30/4/2013	49.50	55.22	-0.11556	5.72
5	31/5/2013	49.50	45.15	0.087879	4.35
6	30/6/2013	49.50	28.17	0.430909	21.33
7	31/7/2013	49.50	1.04	0.97899	48.46
8	31/8/2013	49.50	19.43	0.607475	30.07
9	30/9/2013	60.99	59.31	0.027545	1.68
10	31/10/2013	60.99	132.38	-1.17052	71.39
11	30/11/2013	60.99	82.11	-0.34629	21.12
12	31/12/2013	60.99	43.34	0.289392	17.65

Lanjutan Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Perhitungan Anfis dengan kondisi aktual di lapangan berdasarkan RMSE dan MAPE

13	31/1/2014	51.10	22.01	0.569276	29.09
14	28/2/2014	51.10	35.59	0.303523	15.51
15	31/3/2014	51.10	48.29	0.05499	2.81
16	30/4/2014	51.10	43.57	0.147358	7.53
17	31/5/2014	51.10	44.66	0.126027	6.44
18	30/6/2014	51.10	76.81	-0.50313	25.71
19	31/7/2014	51.10	66.92	-0.30959	15.82
20	31/8/2014	54.05	66.92	-0.23811	12.87
21	30/9/2014	54.05	62.96	-0.16485	8.91
22	31/10/2014	54.05	156.01	-1.8864	101.96
23	30/11/2014	54.05	88.54	-0.63811	34.49
24	31/12/2014	54.05	37.44	0.307308	16.61
25	31/1/2015	54.05	12.19	0.774468	41.86
26	28/2/2015	54.05	10.14	0.812396	43.91
27	31/3/2015	54.05	9.49	0.824422	44.56
28	30/4/2015	57.87	41.18	0.288405	16.69
29	31/5/2015	57.87	46.93	0.189044	10.94
30	30/6/2015	57.87	25.45	0.560221	32.42
31	31/7/2015	57.87	8.95	0.845343	48.92
32	31/8/2015	57.87	20.89	0.639018	36.98
33	30/9/2015	62.43	11.25	0.819798	51.18
34	31/10/2015	62.43	122.24	-0.95803	59.81
35	30/11/2015	62.43	153.95	-1.46596	91.52
36	31/12/2015	62.43	82.45	-0.32068	20.02
Nilai MAPE				5.316884	
NILAI RMSE				28.28583	

Dari hasil perhitungan yang ada maka terdapat MAPE sebesar 5.316884 dan RMSE sebesar 28.28583, dengan MAPE yang kecil ini menunjukkan selisih antara data

aktual dengan perhitungan oleh metode Anfis tidak terlalu beda jauh. Selisih yang paling mendekati nilai MAPE terjadi pada bulan maret 2013. Hal ini menunjukkan ketersediaan benih aktual hampir sama dengan hasil perhitungan yang dilakukan, sedangkan selisih paling besar terjadi pada bulan Oktober 2014. Hal ini menunjukkan ketersediaan benih aktual lebih kecil daripada hasil perhitungan yang ada karena belum ada penyaluran benih dari produksi pada panen sedangkan nilai aktual mengikuti jumlah luas tanam yang bersifat konstan. sedangkan nilai RMSE menunjukkan angka yang lebih besar karena selisih variasi data aktual dan perhitungan dengan metode sangat besar disebabkan perubahan kondisi ketersediaan benih pada data laporan yang dihasilkan. Dengan nilai RMSE yang ada masih menunjukkan tingkat akurasi tinggi dalam perhitungan, dengan demikian sistim yang dipergunakan cukup valid dan dapat dipergunakan untuk menentukan prediksi pada produksi yang ada.

Keunggulan dari sistim dengan melihat bahwa keseluruhan penggunaan metode Anfis untuk memprediksi ketersediaan benih padi di Provinsi Maluku dengan rata-rata eror berdasarkan MAPE 5.316884 sehingga sistem ini dapat dikatakan valid atau unggul. Sedangkan kelemahan dari sistim ini karena ada beberapa input tentang ketersediaan benih padi yang belum sepenuhnya dapat dipelajari oleh system secara jelas karena Rule yang telah disusun dan juga terdapat parameter-parameter lain yang dapat dimasukan selain dari parameter yang sudah diinput.

Data Laporan Ketersediaan Benih Tahun 2013 - 2015

No	Tanggal	Sisa periode lalu (Ton)	Tambah Stok (Ton)	Jumlah Stok (Ton)	Tersalur (Ton)	Sisa Stok (Ton)	Produksi (Ton)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
1	10/1/2013	47.00	0.00	47.00	43.00	4.00	28.2
2	20/1/2013	30.10	12.40	42.50	0.00	42.50	25.5
3	31/1/2013	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	25.5
4	10/2/2013	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	25.5
5	20/2/2013	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	25.5
6	28/2/2013	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	25.5
7	10/3/2013	42.50	9.00	51.50	0.00	51.50	30.9
8	20/3/2013	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
9	31/3/2013	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
10	10/4/2013	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
11	20/4/2013	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
12	30/4/2013	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
13	10/5/2013	102.05	24.70	126.75	68.82	57.93	76.05
14	20/5/2013	57.93	62.20	120.13	37.73	82.40	72.078
15	31/5/2013	82.40	0.00	82.40	66.83	15.58	49.44
16	10/6/2013	15.58	0.00	15.58	0.00	15.58	9.348
17	20/6/2013	15.58	0.00	15.58	0.00	15.58	9.348
18	30/6/2013	15.58	0.00	15.58	12.34	3.25	9.348
19	10/7/2013	3.25	0.00	3.25	1.50	1.75	1.95

Lanjutan ...

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
20	20/7/2013	1.75	0.00	1.75	0.00	1.75	1.05
21	31/7/2013	1.75	0.00	1.75	0.00	1.75	1.05
22	10/8/2013	1.75	0.00	1.75	0.00	1.75	1.05
23	20/8/2013	1.75	21.50	23.25	0.00	23.25	13.95
24	31/8/2013	23.25	2.00	25.25	0.00	25.25	15.15
25	10/9/2013	25.25	94.00	119.25	0.00	119.25	71.55
26	20/9/2013	119.50	22.10	141.60	0.00	141.60	84.96
27	30/9/2013	141.60	0.00	141.60	0.00	141.60	84.96
28	10/10/2013	141.60	41.80	183.40	55.60	127.80	110.04
29	20/10/2013	127.80	177.65	305.45	45.70	259.75	183.27
30	31/10/2013	259.75	69.30	329.05	88.00	241.05	197.43
31	10/11/2013	241.05	177.65	418.70	69.00	349.70	251.22
32	20/11/2013	349.71	2.45	352.16	77.20	274.96	211.296
33	30/11/2013	274.96	5.80	280.76	82.80	197.96	168.456
34	10/12/2013	197.96	2.43	200.39	92.33	108.06	120.234
35	20/12/2013	108.06	55.21	163.27	68.93	94.34	97.962
36	31/12/2013	94.34	0.00	94.34	21.24	73.10	56.604
37	10/1/2014	73.10	0.00	73.10	43.00	30.10	43.86
38	20/1/2014	30.10	12.40	42.50	0.00	42.50	25.5
39	31/1/2014	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	25.5
40	10/2/2014	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	25.5

Lanjutan....

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
41	20/2/2014	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	25.5
42	28/2/2014	42.50	0.00	42.50	0.00	42.50	25.5
43	10/3/2014	42.50	9.00	51.50	0.00	51.50	30.9
44	20/3/2014	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
45	31/3/2014	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
46	10/4/2014	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
47	20/4/2014	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
48	30/4/2014	51.50	0.00	51.50	0.00	51.50	30.9
49	10/5/2014	51.50	71.86	123.36	0.00	123.36	74.016
50	20/5/2014	123.86	0.00	123.86	0.00	123.86	74.316
51	31/5/2014	123.86	0.00	123.86	46.00	77.86	74.316
52	10/6/2014	77.86	62.35	140.21	49.30	90.91	84.126
53	20/6/2014	90.91	90.40	181.31	12.67	168.64	108.786
54	30/6/2014	168.64	0.00	168.64	12.34	156.31	101.184
55	10/7/2014	156.31	41.20	197.51	0.00	197.51	118.506
56	20/7/2014	197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	118.506
57	31/7/2014	197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	118.506
58	10/8/2014	197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	118.506
59	20/8/2014	197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	118.506
60	31/8/2014	197.51	0.00	197.51	0.00	197.51	118.506

Lanjutan

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
61	10/9/2014	197.01	0.00	197.01	0.00	197.01	118.206
62	20/9/2014	197.01	22.10	219.11	0.00	219.11	131.466
63	30/9/2014	219.11	0.00	219.11	0.00	219.11	131.466
64	10/10/2014	219.11	41.80	260.91	89.23	171.68	156.546
65	20/10/2014	171.68	177.65	349.33	99.30	250.03	209.598
66	31/10/2014	250.03	69.30	319.33	94.90	224.43	191.598
67	10/11/2014	224.43	78.21	302.64	37.20	265.44	181.584
68	20/11/2014	265.44	21.50	286.94	61.86	225.08	172.164
69	30/11/2014	225.08	0.00	225.08	27.50	197.58	135.048
70	10/12/2014	197.58	0.00	197.58	82.61	114.97	118.548
71	20/12/2014	114.97	0.00	114.97	65.22	49.75	68.982
72	31/12/2014	49.75	0.00	49.75	37.86	89.42	45.356
73	10/1/2015	89.42	0.00	89.42	69.41	20.01	53.652
74	20/1/2015	20.01	0.00	20.01	0.00	20.01	12.006
75	31/1/2015	20.01	1.20	21.21	1.46	19.75	12.726
76	10/2/2015	19.75	0.00	19.75	2.68	17.07	11.85
77	20/2/2015	17.07	0.00	17.07	0.00	17.07	10.242
78	28/2/2015	17.07	0.66	17.73	0.00	17.73	10.638
79	10/3/2015	17.07	0.00	17.07	0.45	16.62	10.242
80	20/3/2015	16.62	0.00	16.62	0.00	16.62	9.972
81	31/3/2015	16.62	0.00	16.62	0.00	16.62	9.972
82	10/4/2015	16.62	64.00	80.62	0.40	80.22	48.372

Lanjutan.....

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
83	20/4/2015	80.22	38.80	119.02	2.90	116.12	71.412
84	30/4/2015	116.12	0.30	116.42	0.50	115.92	69.852
85	10/5/2015	115.92	24.70	140.62	68.82	71.80	84.372
86	20/5/2015	71.80	62.20	134.00	37.73	96.27	80.4
87	31/5/2015	96.27	0.00	96.27	66.83	29.45	57.762
88	10/6/2015	29.45	0.00	29.45	0.00	29.45	17.67
89	20/6/2015	29.45	0.00	29.45	0.00	29.45	17.67
90	30/6/2015	29.45	0.00	29.45	12.34	17.12	17.67
91	10/7/2015	17.12	0.00	17.12	1.50	15.62	10.272
92	20/7/2015	15.62	0.00	15.62	0.00	15.62	9.372
93	31/7/2015	15.62	0.00	15.62	0.00	15.62	9.372
94	10/8/2015	15.62	0.00	15.62	0.00	15.62	9.372
95	20/8/2015	15.62	21.50	37.12	0.00	37.12	22.272
96	31/8/2015	37.12	2.00	39.12	0.00	39.12	23.472
97	10/9/2015	39.12	80.13	119.25	0.00	119.25	71.55
98	20/9/2015	119.25	22.10	141.35	0.00	141.35	84.81
99	30/9/2015	141.35	0.00	141.35	0.00	141.35	84.81
100	10/10/2015	141.35	41.80	183.15	0.00	183.15	109.89
101	20/10/2015	183.15	177.65	360.80	0.00	360.80	216.48
102	31/10/2015	361.80	69.30	431.10	0.00	431.10	258.66
103	10/11/2015	431.10	35.22	466.32	10.52	455.80	279.792

Lanjutan

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
104	20/11/2015	455.80	6.73	462.53	38.62	423.91	277.518
105	30/11/2015	423.91	0.00	423.91	112.49	311.42	254.346
106	10/12/2015	311.42	0.00	311.42	87.21	224.21	186.852
107	20/12/2015	224.21	0.00	224.21	72.41	151.80	134.526
108	31/12/2015	151.80	0.00	151.80	47.62	104.18	91.08

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dalam penelitian tesis ini dapat dianalisa dan disimpulkan beberapa hal yang diperlukan dalam menentukan prediksi ketersediaan benih padi di Provinsi Maluku yaitu :

1. Model sistem ANFIS untuk prediksi ketersediaan benih padi dibentuk dari data yang ada memiliki 5 parameter yaitu : sisa stok periode lalu, tambah stok, jumlah stok, tersalur dan sisa stok.
2. Dari struktur yang dibangun pada ANFIS nilai pencapaian titik *error* tetap epoch (iterasi ke -2). pada angka 0,0015364 dan rata-rata error 0,057018 yang menunjukkan bahwa dengan angka yang minimum , maka dapat digunakan untuk melakukan peramalan.
3. Hasil perhitungan MAPE dan RMSE yang merupakan selisih perhitungan data aktual dan data anfis yaitu nilai MAPE sebesar 5.316884 % dan RMSE sebesar 28.28583 memperlihatkan bahwa sistim ini cukup valid dalam memprediksi ketersediaan benih padi
4. Model Anfis dapat digunakan untuk memprediksi ketersediaan benih.

5.2. Saran

Setelah penulis menyelesaikan tahap akhir dari penelitian ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan-kekurangan yang mesti diperbaiki dan dipenuhi antara lain :

1. Penelitian ini masih jauh dari sempurna dan hanya diimplementasikan pada system prediksi berdasarkan data ketersediaan benih saja. Pada suatu saat nantinya penelitian ini mungkin bias dikembangkan lagi menjadi penelitian yang lebih kompleks dan diimplementasikan pada tingkat ketahanan pangan.

2. Rancangan sistim aplikasi yang berbasis sistem ANFIS ini masih sangat sederhana, maka jika ada peneliti lain yang berminat untuk mengembangkan penelitian ini sesungguhnya sangat diharapkan dan bisa dibangun kerja sama.
3. Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pemerintah dan pemangku kepentingan yang lain dalam usaha pengembangan Pertanian dan penyediaan benih unggul yang lebih efektif lagi khususnya padi.
4. Peran serta pemerintah dalam perencanaan pembangunan pertanian bidang perbenihan dapat memperhatikan masukan kondisi yang ada di lapangan secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Abiyev, R dkk. 2005. Electricity Consumption Prediction Model using Neuro-Fuzzy System. World Academy of Science, Engineering and Technology 8. Hal 128-131.
- Agung, IGN. 2009. Time Series Data Analysis Using Eviews. Singapura: John Wiley & Sons (Asia) Pte L td.
- Ahyari a. 1995. Efisiensi Persediaan Bahan. Yogyakarta : BPF
- Anonim, 1996. Undang-Undang Nomor 7 tahun 1996 tentang Pangan, Dewan Ketahanan Pangan. Jakarta.
- Austin JE 1981. Agroindustrial Project Analysis. The jhon Hopkins
- Azadeh, A, dkk. 2009. A hybrid simulation-adaptive network based fuzzy inference system for improvement of electricity consumption estimation. Expert Systems with Applications 36(8). Hal 11108-11117.
- Badan Litbang Pertanian. 2007. Pedoman Umum Produksi Benih Sumber Padi. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian. 37 hal.
- Balitpa. 2004. Inovasi Teknologi untuk Peningkatan Produksi Padi dan Kesejahteraan Petani. Balitpa, Puslitbangtan, Badan Litbang Pertanian. 23 Hal.
- BPS Provinsi Maluku. 2009. Maluku Dalam Angka 2009. Badan Pusat Statiktik Provinsi Maluku, Ambon.
- Fatih O, CD Atis, O Karahan, E Uncuaglo and H Tanyildizi. 2008. Comparison of artificial neural network and fuzzy logic models for prediction of long-term compressive strength of silica fume concrete. Journal advances in engineering software. Volume 40. Issue 9
- Fathansyah, Ir ,1999, Basis Data, Informatika, Bandung.
- Harpiandi, 2003, Visual Basic 6.0, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Kadir, A., 1999, Konsep Dan Tuntunan Praktis Basis Data, Andi Ofset, Yogyakarta.
- Klir, G. J & Y. Bo., 1995, Fuzzy Set and Fuzzy Logic: Theory and Applications. Prentice-Hall International, Inc, New Jersey.
- Kristanto, H., 1996, Konsep dan Perancangan Database, Andi Ofset, Yogyakarta.
- Kusumadewi, S. 2003. Artificial Intelligence Teknik dan Aplikasinya. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Kusumadewi, S dan Hartati S. 2006. *Neuro Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S, 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Graha Ilmu, Yogyakarta. Pressman, S.R., 2002, *Rekayasa Perangkat Lunak (Pendekatan Praktisi)*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Marimin. 2002. *Teori dan aplikasi system pakar dalam teknologi Manejerial*. Bogor; IPB Press
- Matlab. 1999. *Fuzzy Logic Toolbox User's Guide*. The MathWorks, Inc.
- Maxwell S. 1996. Food security; a post modern perspective. *Food Policy*. Vol 21. No 2
- Negoita, C. V., 1985, *Expert Systems and Fuzzy Systems*. The Benjamin/cummings Publishing Company, Inc. California.
- Oowski, S dan Linh, TH. 2004. *Neuro-Fuzzy TSK Network for Approximation*.
- Pressman, S.R., 2002, *Rekayasa Perangkat Lunak (Pendekatan Praktisi)*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Ross, TJ. 2010. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, Third Edition. Singapore: John Wiley & Sons, Inc
- Sandika T.J., Henry Kurniawan 2014. *Prediksi Produksi Bawang Merah Dengan Metode Neuro-Fuzzy Dalam Upaya Memenuhi Kebutuhan Bawang Nasional*. *Jurnal Ilmiah ESAI Volume 8, No.1, Januari 2014* ISSN No. 1978-6034
- Supriyanto, Sudjono, Desty Rakhmawati 2012. *Prediksi Luas panen dan Produksi Padi di Kabupaten Banyumas Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inferece System (Anfis)*. *Jurnal Pro bisnis* Vol. 5 N
- Wang, L. 1997. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.no 2

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan pada 19 April 1977 di kota Ambon Maluku sebagai anak ketujuh dari sembilan bersaudara pasangan G. Syatauw (alm) dan Th. Warella (alm). Pendidikan SD hingga Sarjana ditamatkan di Ambon. Tamat SDN 03 Hative Besar Ambon tahun 1989, tamat SMPN 14 Hative Besar Ambon tahun 1992, tamat SMUN 3 Ambon tahun 1995, memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Universitas Pattimura Ambon Tahun 2003.

Penulis menjadi Pegawai Negeri Sipil tahun 2006 pada Pemerintah Provinsi Maluku melalui seleksi umum CPNS dan ditempatkan pada UPTD BPSBBP Pertanian Provinsi Maluku. Pada tahun 2014 dipercayakan melanjutkan tugas belajar pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui program Sharing Dana antara Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) bersama dengan Pemda Provinsi Maluku.

Luckysyatauw@yahoo.com