

Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno

Iis Widya Harmoko¹, Nazori AZ²

Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur
¹denmoko@gmail.com, ²nazori@budiluhur.ac.id

Abstrak – Kajian prediksi cuaca merupakan tantangan yang selalu menarik untuk diteliti. Walaupun telah ada beberapa metode prediksi cuaca, namun hasilnya belum memberikan akurasi yang baik. Penggunaan fuzzy logic ini telah dibuktikan oleh para ilmuwan untuk dapat diterapkan dengan ekspresi yang tidak pasti, tidak jelas dan kualitatif dari sebuah sistem. Metode ini menghasilkan prosentase kesalahan yang lebih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk membangun algoritma prediksi peluang kejadian hujan menggunakan fuzzy logic tipe mamdani dan sugeno, serta membandingkan hasil model untuk mengetahui ketepatan hasil prediksi. Data input adalah parameter-parameter dalam skala meteorologi yang mempengaruhi proses terjadinya hujan. Parameter diklasifikasikan dalam beberapa kategori untuk memudahkan dalam membuat aturan (rule IF-THEN). Model dibangun dan hasilnya diuji pada musim hujan, musim kemarau dan musim pancaroba dengan data observasi. Hasil verifikasi menyatakan bahwa tipe mamdani lebih handal sebagai model prediksi cuaca dengan prosentase akurasi 77%, 80% dan 84%. Sementara tipe sugeno memperoleh prosentase akurasi 32%, 63% dan 42%.

Kata kunci – Fuzzy Logic, Prediksi Cuaca, Mamdani, Sugeno, Skala Meteorologi

Abstract – Study of weather prediction is a challenge that is always interesting to study. Although there was several methods of weather prediction, but the results have not provided good accuracy. The use of fuzzy logic has been proven by scientists to be applied to the expression of uncertainty, it is not clear and qualitative from a system. This method produces lower error percentage. This study aims to develop opportunities rainfall prediction algorithm using fuzzy logic type Mamdani and Sugeno, and compare the model results to determine the accuracy of the prediction results. The data are input parameters in the scale meteorological processes that influence the occurrence of rain. Parameters are classified into several categories to make it easier to make the rules (IF-THEN rules). The model was built and the results were tested in the wet season, dry season and transition season with observational data. Results of verification states that Mamdani type is more reliable as a weather prediction models with the accuracy percentage of 77%, 80% and 84%. While the percentage of accuracy obtained Sugeno type 32%, 63% and 42%.

Keyword : Fuzzy Logic, Weather Prediction, Mamdani, Sugeno, Meteorology Scale

I. PENDAHULUAN

Metode dalam prediksi cuaca merupakan tantangan yang senantiasa menarik untuk dikaji. Meskipun telah ada beberapa metode prediksi cuaca, namun keluaran yang dihasilkan belum mampu memberikan ketepatan yang tinggi dan bisa digunakan di setiap wilayah [1]. Artinya hasil yang diperoleh tidak stabil dan berubah-ubah.

Dalam memprediksi kondisi cuaca, bagian faktor anteseden dan konsekuen yang menunjukkan ketidakjelasan dan ambiguitas sedang dikembangkan dengan logika dan algoritma yang valid. Penggunaan fuzzy logic ini telah dibuktikan oleh para ilmuwan untuk dapat diterapkan dengan ekspresi yang tidak pasti, tidak jelas dan kualitatif dari sebuah sistem. Prediksi cuaca adalah salah satu tanggung jawab operasional yang paling penting dan menuntut untuk dilakukan oleh layanan meteorologi di seluruh dunia. Ini adalah prosedur rumit yang mencakup berbagai bidang teknologi khusus. Teknik pemodelan prediksi

cuaa antara lain *multiple regression* dan *fuzzy inference system* (FIS). Model FIS menghasilkan prosentase kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan regresi. Dari salah satu perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy dapat memberikan hasil yang sama seperti pada model yang digunakan sebelumnya. Namun metode ini memiliki keuntungan dalam analisis untuk memahami dan berinteraksi dengan model yang menggunakan aturan fuzzy [2].

Dengan menggunakan model prediksi cuaca secara tepat, akan memiliki skenario dalam penentuan hasil yang diharapkan [3]. Sehingga apabila terjadi ketidakakuratan hasil diprediksi akan segera dievaluasi untuk mencari parameter-parameter yang sesuai. Banyak model prediksi cuaca telah dikembangkan dalam dunia meteorologi di seluruh dunia, baik model dinamis maupun model statistik [4]. Tapi model tersebut tidak tepat merepresentasikan parameter-parameter di khatulistiwa yang sangat dinamis seperti Indonesia [5]. Akibatnya model

prediksi memiliki banyak sekali kelemahan dan kurang menggambarkan kondisi sebenarnya dari atmosfer Indonesia.

Identifikasi Masalah dalam penelitian ini, metode fuzzy mempunyai potensi menjadi model prediksi cuaca dengan tingkat akurasi yang tinggi dan kesalahan yang rendah. Serta melihat sejauh mana keakuratan hasil prediksi fuzzy logic dalam memprediksi peluang kejadian hujan, sehingga model ini dapat di gunakan sebagai acuan dalam melakukan prediksi dan dapat diterapkan dan dikembangkan untuk wilayah-wilayah lain.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah mengetahui bagaimana perbandingan hasil penerapan fuzzy logic dengan metode mamdani dan sugeno dengan hasil observasi terhadap tingkat akurasi kejadian hujan.

Tujuan penelitian yang akan dilakukan antara lain membangun algoritma prediksi peluang kejadian hujan menggunakan model fuzzy logic tipe Mamdani dan Sugeno, serta membandingkan hasil fuzzy logic mamdani dan sugeno untuk mengetahui ketepatan hasil prediksi.

II. KERANGKA PEMIKIRAN

Prediksi cuaca merupakan rangkuman informasi kondisi cuaca harian hingga mingguan, sedangkan prediksi iklim umumnya merupakan unsur – unsur iklim yang umumnya untuk wilayah Indonesia adalah prediksi hujan bulanan atau prediksi hujan yang berlangsung dalam satu musim. Dengan demikian jenis prediksi cuaca dan iklim dibedakan dalam kurun waktu dan jenis unsur yang diprakirakan, dimana prediksi cuaca lebih banyak menyebutkan hampir semua unsur cuaca dan prediksi iklim umumnya berkisar pada kuantitas curah hujan dan awal musim. Prediksi cuaca dan iklim merupakan bagian dari sistem informasi yang digunakan untuk melihat kondisi alam untuk waktu mendatang (harian hingga mingguan disebut prediksi cuaca, bulanan/musiman/tahunan disebut prediksi bulanan/musiman/tahunan) yang merupakan hasil analisis dan pengolahan data baik dari data yang lalu yang umumnya disebut data iklim maupun data yang terakhir. Suatu sistem prediksi cuaca dan iklim menjadi suatu rentetan hasil pengamatan cuaca yang terus – menerus, selanjutnya pengumpulan data untuk di olah dengan menggunakan persamaan matematika dan hasil olahan terakhir berupa angka yang menunjukkan unsur cuaca atau iklim tertentu seperti hujan, angin, suhu, kelembapan, dsb [6].

Wilayah tropis yang terletak diantara *Tropics of Cancer* dan *Capricorn* (antara 23.5° LU hingga 23.5° LS), dikenal sebagai wilayah dengan kondisi atmosfer yang relatif homogen. Walaupun homogen, tetapi terdapat beberapa perbedaan dalam beberapa hal,

misalnya daerah paling basah maupun daerah paling kering. Hal tersebut terjadi karena ada faktor-faktor yang mempengaruhi cuaca, sehingga dalam melihat pola cuaca di Indonesia harus memperhatikan skala meteorologi yang terjadi [7].

Skala meteorologi yang mempengaruhi cuaca [8] adalah : Skala global seperti fenomena *el-nino/la-nina* dan *dipole mode*, Skala regional seperti *Sea Surface Temperature* (SST) dan fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO), serta Skala lokal seperti labilitas udara (LI) dan kelembaban udara (RH).

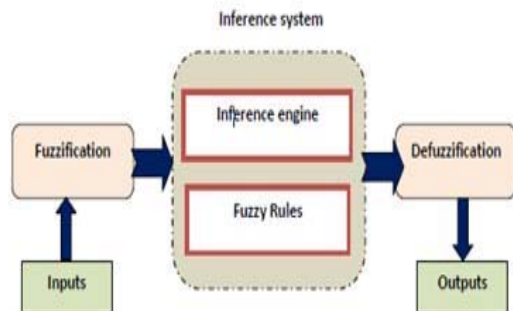
Unsur cuaca yang sering diprediksikan adalah hujan, hujan sendiri merupakan satu bentuk presipitasi yang berwujud cairan [9]. Presipitasi merupakan curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda-beda. Pada umumnya di daerah tropis berbentuk air, di daerah beriklim sedang berbentuk salju. Presipitasi ini adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah, yakni perubahan bentuk dari uap air di atmosfer menjadi curah hujan sebagai akibat dari proses kondensasi. Tidak semua air hujan sampai ke permukaan bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering. Hujan jenis ini disebut sebagai virga. Hujan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi. Lembaban dari laut menguap, berubah menjadi awan, terkumpul menjadi awan mendung, lalu turun kembali ke bumi, dan akhirnya kembali ke laut melalui sungai dan anak sungai untuk mengulangi daur ulang itu semula [5].

Teori himpunan fuzzy logic (FL) dikembangkan oleh Prof. Lofti Zadeh pada tahun 1965. Zadeh berpendapat bahwa logika benar dan salah dalam logika konvensional tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Untuk mengatasi masalah gradasi yang tidak terhingga tersebut, Zadeh mengembangkan sebuah himpunan fuzzy. Tidak seperti boolean logic, FL mempunyai nilai yang kontinue. Samar dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran [10]. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama.

Tujuan umum dari membuat FL adalah untuk memperkenalkan sebuah definisi pemecahan masalah untuk memproses sekumpulan data yang tidak tajam dan untuk mengevaluasi nilai menengah. Kemampuan memutuskan tentang input tidak tepat dan menerima mereka dalam sebuah sistem yang memberikan kemampuan yang bagus dalam kontrol sistem dalam lingkungan yang nyata. FL dapat diimplementasikan dalam perangkat lunak dan perangkat keras. Dari input tidak bersih, tidak jelas atau hilang, hasil akhir sistem dapat membuat keputusan. Pada aplikasinya, sistem FL menyediakan sistem kontrol berdasarkan meniru keputusan manusia dalam membuat keputusan. Meskipun konsep berbasis aturan sederhana IF-THEN telah diterapkan, bukan pemodelan matematis, sistem

fuzzy perlu parameter numerik untuk mengevaluasi tingkat kesalahan [11].

Umumnya, sistem FL terdiri dari komponen fuzzification, inference system dan defuzzification. Hubungan di antara mereka yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 [12].



Gambar 1. Komponen fuzzy logic inference system (FIS)

Beberapa metode FIS yang sering digunakan adalah tipe Mamdani dan Sugeno. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan : Pembentukan himpunan fuzzy; Aplikasi fungsi implikasi (aturan); Komposisi aturan; dan Penegasan (*defuzzy*).

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan konstanta atau persamaan linier. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985.

Sebelum melakukan penelitian, penulis membaca beberapa literatur yang berkaitan dengan pembuatan model prediksi cuaca dengan menggunakan fuzzy logic. Adapun beberapa literatur yang diperoleh adalah :

Tabel 2. Tabel Tinjauan Studi Penelitian

Penulis	Metode Prediksi	Kinerja
Fallah-Ghaly et.al [13]	FL Mamdani	Menjanjikan dan Efisien RMSE = 52 mm
Sari & Sukirman [6]	FL Sugeno	Keakuratan prediksi hujan 61.73%.
Hasan et.al [2]	Fuzzy Set	Penurunan TP, Peningkatan WS dan

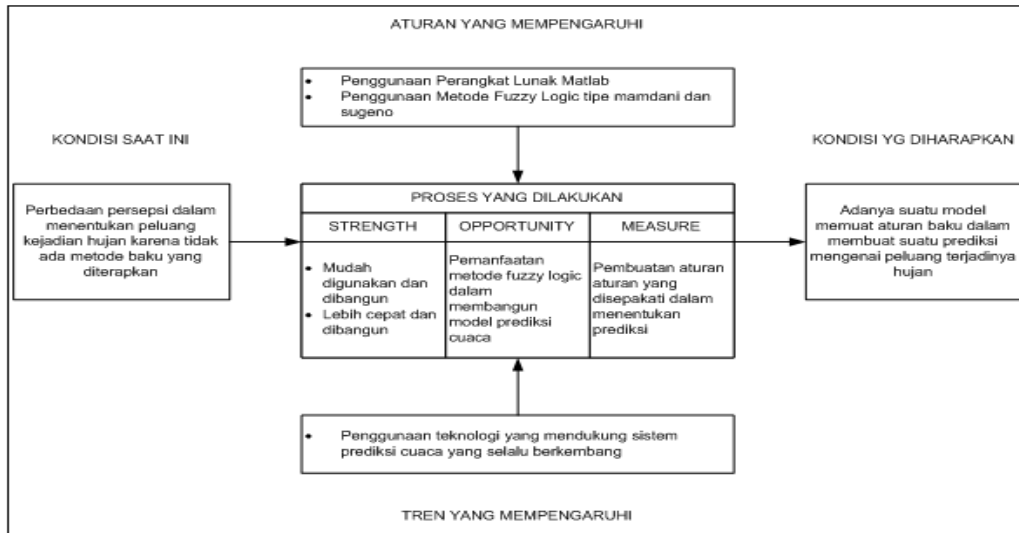
		peningkatan RH memiliki korelasi positif terhadap RF Error 12.35%
Hakim et.al [14]	FL Sugeno	Tingkat akurasi pada pengujian kecepatan arus 71% dan ketinggian gelombang 80% dengan nilai error yang sangat kecil
Mayilvaganan & Naidu [15]	FL Mamdani & ANN	Model memberikan hasil yang bagus. Nilai R dan RMSE dari ANN sedikit lebih memuaskan dibanding FL
Salfarina [16]	Fuzzy Case-Based Reasoning	Tingkat akurasi 87%
Ebadi et.al [17]	Fuzzy Decision Three (FDT)	Model menghasilkan nilai R=0.898

Dari beberapa tinjauan studi, penelitian ini memutuskan untuk menggunakan 5 parameter cuaca sebagai input dengan memperhatikan skala lokal, skala regional dan skala global.

Stasiun Meteorologi Selaparang Mataram (Stamet Mataram) selaku instansi dibawah Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mempunyai wewenang dalam memberikan pelayanan informasi cuaca wilayah kota Mataram pada khususnya dan propinsi NTB pada umumnya. Informasi cuaca yang diberikan antara lain berupa prediksi cuaca harian dan mingguan yang selalu diupdate setiap hari.

Seorang prakirawan dalam menentukan prediksi peluang hujan telah dibekali pendidikan dalam melakukan prediksi cuaca. Hasil verifikasi yang diperoleh pada bulan penelitian sesuai dengan batasan masalah, prakiraan cuaca pada bulan Maret mempunyai prosentase akurasi sebesar 74%, bulan April 67% dan bulan Mei sebesar 68%.

Pola pikir pemecahan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Pola pikir pemecahan masalah

Kondisi saat ini walaupun telah mendapatkan pendidikan dalam prediksi cuaca, masih terdapat perbedaan persepsi dalam menentukan prediksi kejadian hujan. Hasil prediksi selalu tidak sama bagi para prakirawan, sehingga perlu dibuat aturan baku dalam penentuan prediksi.

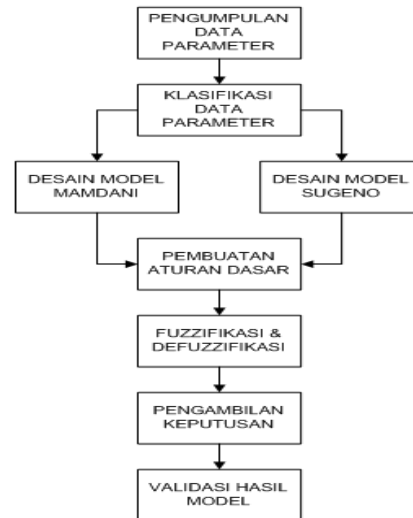
Dengan berbagai perkembangan teknologi yang berhubungan tentang prediksi cuaca dengan software dan metode yang bermacam-macam, langkah yang diambil adalah dengan membuat model yang mudah dengan metode fuzzy logic dan sesuai dengan aturan yang baku.

Dari berbagai pemikiran tersebut diharapkan mempunyai model prediksi cuaca yang sederhana serta memuat aturan dan kaidah yang berlaku dalam membuat prediksi peluang kejadian hujan, sehingga hipotesa yang dikemukakan adalah diduga adanya alternatif dalam menaikan prosentasi akurasi prakiraan cuaca menggunakan metode fuzzy logic tipe mamdani dan sugeno.

III. DESAIN PENELITIAN

Fuzzy Logic dikenal sebagai bagian dari sistem pakar fuzzy yang memungkinkan klasifikasi lebih yang fleksibel pada data set anggota yang dimiliki. Fuzzy digunakan dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan dalam menangani penentuan prediksi kejadian hujan berdasarkan data input. Dari keterangan mengenai fuzzy logic, metode penelitian yang dipakai adalah dengan metode penelitian eksperimental. Karena akan dipakai parameter inputan untuk menyelidiki kemungkinan saling hubungan sebab akibat dengan cara mengenalkan kepada satu atau lebih kelompok eksperimental satu atau lebih

kondisi perlakuan dan memperbandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok yang tidak dikenai kondisi perlakuan.



Gambar 3. Metode Penelitian

Data input merupakan parameter-parameter yang termasuk dalam skala-skala meteorologi yang digunakan. Parameter fenomena el-nino / la-nina digunakan dalam skala global dengan data SOI sebagai salah satu inputan. Dalam skala regional digunakan inputan berupa parameter SST dan MJO, sedangkan skala lokal dipilih parameter LI dan RH sebagai input.

Parameter-parameter tersebut diproses dengan fuzzy logic menggunakan metode mamdani dan

sugeno. Untuk memudahkan proses penelitian, metode mamdani dilakukan terlebih dahulu kemudian metode tersebut diubah menjadi metode sugeno.

Dalam prosesnya, aturan dasar (*rule base*) dibuat berdasarkan studi literatur dan pengalaman penulis dalam memprakirakan cuaca. Hasil akhir dari kedua metode dibandingkan dengan hasil observasi untuk melihat kehandalan dari kedua metode yang digunakan.

Metode dilakukan adalah dengan metode pemilihan sampel secara acak. Karena setiap parameter yang dipilih peluang yang sama untuk dipilih menjadi sampel. Pemilihan sampel secara acak yang dilakukan adalah berdasarkan musim-musim yang terjadi di Indonesia. Ada 3 kategori musim yang dipilih, yaitu disaat Indonesia khususnya wilayah Mataram dan sekitarnya mengalami musim kemarau, musim hujan dan musim pancaroba.

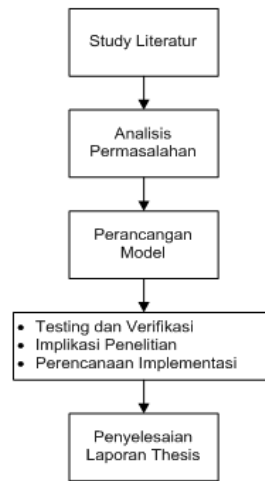
Dalam penulisan karya ilmiah, pengumpulan data merupakan salah satu hal yang harus dilakukan guna mencapai tujuan penulisan. Metode yang dilakukan dalam penelitian kali ini termasuk dalam metode observasi yaitu dengan mengunduh dari situs penyedia informasi data parameter pada daerah kota Mataram yang digunakan, yaitu :

1. Data SOI
Diunduh dari <http://www.longpaddock.qld.gov.au>, berupa data harian [18].
2. Data SST
Diunduh dari <http://iri.columbia.edu/climate/forecast/sst/>, berupa data 3 bulanan [19].
3. Data MJO
Diunduh dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>, berupa data harian [20].
4. Data LI
Diunduh dari http://www.kma.go.kr/ema/ema03/ra2_eng_index.html, berupa data forecast 24 jam ke depan [21].
5. Data RH
Diunduh dari <http://reg.bom.gov.au>, berupa data forecast 24 jam ke depan [22].

Dalam penelitian kualitatif, data diperoleh dari berbagai sumber dengan menggunakan teknik pengumpulan data yang bervariasi dan dilakukan secara kontinyu. Data yang diperoleh umumnya adalah data kualitatif, sehingga teknik analisis data yang digunakan belum mempunyai pola yang jelas. Analisis data kualitatif bersifat induktif, artinya analisis berdasarkan data yang diperoleh kemudian dikembangkan sesuai dengan pola tertentu untuk menjadi sebuah hipotesis. Teknik analisis data penelitian kualitatif dilakukan dalam tiga tahap berikut,

yaitu : Analisis data sebelum penelitian, Analisis selama penelitian dan Analisis setelah penelitian.

Langkah penelitian yang dilakukan digambarkan dalam bentuk flowchart.



Gambar 4. Langkah Penelitian

Study literatur adalah mempelajari tulisan-tulisan yang berkaitan dengan prediksi cuaca menggunakan metode AI khususnya fuzzy logic, dan bagaimana membangun model tersebut.

Penentuan parameter input terlebih dahulu dilakukan analisis permasalahan, bagaimana sebuah prediksi hujan dibuat dengan melihat parameter-parameter cuaca yang mempengaruhinya.

Perancangan model yang sederhana dan mudah bagi pengguna sangat dibutuhkan, walaupun seorang prakirawan tidak mempunyai dasar pengetahuan tentang software matlab tetapi diharapkan bisa dengan mudah menggunakan model prediksi yang dirancang.

Sebelum model bisa digunakan perlu melewati tahap pengujian (*testing*) dan verifikasi. Dari tahap tersebut diharapkan memperoleh implikasi tentang model yang dibuat berdasarkan hasil dan analisisnya. Tahap akhir adalah penentuan kebijakan-kebijakan ketika model bisa digunakan dalam prediksi cuaca.

IV. ANALISIS, INTERPRETASI DAN IMPLIKASI PENELITIAN

V.

Kota Mataram memasuki musim kemarau pada dasarian ke-12 atau April III dan memasuki musim hujan pada dasarian ke-31 atau November I. Sedangkan musim pancaroba terjadi pada bulan April dan Oktober. Berdasarkan keadaan musim tersebut, kebutuhan data input dari berbagai parameter yang digunakan dikelompokkan seperti pada tabel dibawah.

Tabel 2. Data musim yang digunakan sebagai input

Musim	Bulan	Jumlah Data
Musim Hujan	Maret	31
Musim Pancaroba	April	30
Musim Kemarau	Mei	31

Setelah data-data yang dibutuhkan berdasarkan parameter yang dibutuhkan menurut bulan-bulan yang telah ditentukan dimasukkan dalam program prakiraan cuaca, hasilnya dilanjutkan dalam tahap pengujian (verifikasi) selanjutnya.

Dalam praktek membuat sebuah prakiraan cuaca, seorang prakirawan memperhatikan parameter-parameter tersebut dengan membuat seperti sebuah logika-logika *if-then*. Untuk memudahkan analogi dari proses tersebut bisa dilihat pada pernyataan berikut :

Jika SOI kuat, dan SST hangat, dan MJO lemah, dan LI sedang dan RH tinggi, maka PREDIKSI Hujan Ringan - Sedang.

Pernyataan aturan diatas merupakan salah satu dari sekian banyak aturan yang dibuat dalam penelitian ini. Dimana ada 5 parameter input dan setiap parameter mempunyai 3 kategori.

Tabel 3. Parameter dan Kategori data input

Parameter	Kategori	Kriteria
SOI	Lemah	< -10
	Sedang	-10 s.d 10
	Kuat	> 10
SST	Dingin	< 26
	Sedang	26 s.d 28
	Hangat	> 28
MJO	Lemah	Fase weak, 1, 2, 6, 7, 8
	Sedang	Fase 3 & 5
	Kuat	Fase 4
LI	Stabil	> + 4
	Sedang	-4 s.d +4
	Labil	< -4
RH	Rendah	< 60 %
	Sedang	60 % s.d 80 %
	Tinggi	> 80 %

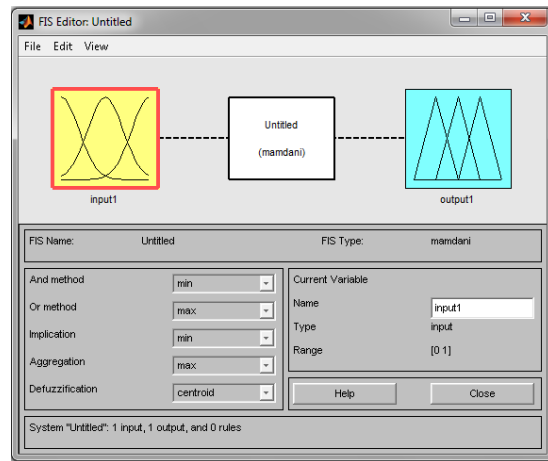
Untuk menentukan jumlah kombinasi aturan dengan input 5 parameter dan 3 kategori menggunakan formula n^i , dimana nilai $n = 3$ dan $i = 5$, sehingga $3^5 = 243$ kombinasi.

Pengujian data dilakukan dengan bantuan software MATLAB 7.0.4 (R14) suatu *software* pemrograman perhitungan dan analisis yang banyak digunakan dalam semua area penerapan matematika baik bidang pendidikan maupun penelitian pada universitas dan industri. Dengan matlab, maka perhitungan matematis yang rumit dapat diimplementasikan dalam program dengan lebih mudah.

Salah satu aspek yang sangat berguna dari MATLAB ialah dengan adanya fasilitas toolbox fuzzy logic yang berguna dalam membuat sistem berbasis logika fuzzy yang memuat aturan-aturan berdasarkan keinginan pengguna.

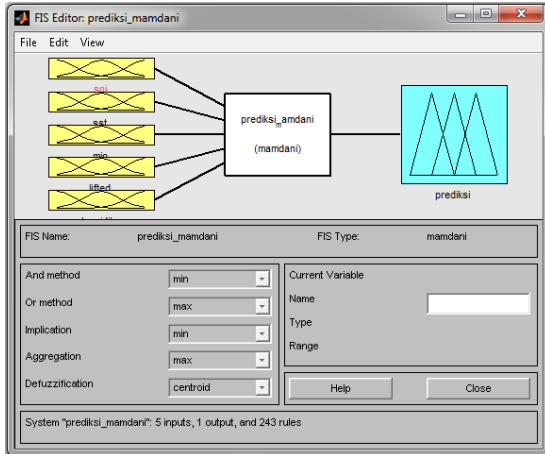
Memulai toolbox fuzzy logic pada matlab dengan mengetikkan *fuzzy* pada *command window*. Selanjutnya akan muncul tampilan jendela FIS Editor dengan tipe *mamdani*. Untuk memulai FIS dengan *mamdani* bisa langsung memulainya dengan menambahkan dan mengatur input dan outputnya, sedangkan untuk memulai FIS dengan *sugeno* dimulai dengan membuat *new FIS sugeno*.

Dalam penelitian ini, tipe *mamdani* dibuat terlebih dahulu dan selanjutnya FIS-file *mamdani* dirubah menjadi tipe *sugeno* dengan memanfaatkan fungsi perintah *mam2sug* lalu disimpan dalam FIS-file *sugeno*.



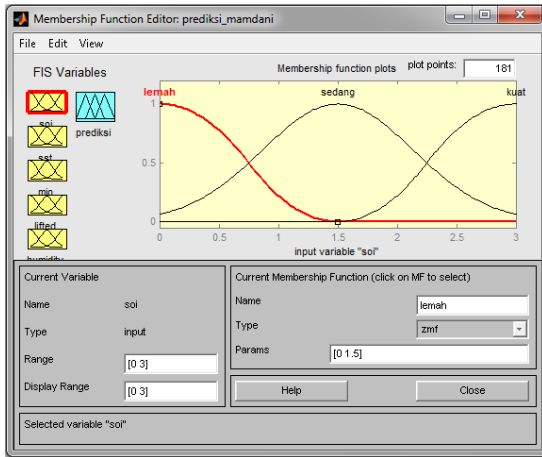
Gambar 5. FIS Editor

Secara default, toolbox fuzzy menampilkan FIS Editor tipe *mamdani*. Hal ini dikarenakan pembuatan mudah dalam penggunaan. Langkah selanjutnya adalah menambahkan jumlah input parameter yang diinginkan, yaitu SOI, SST, MJO, L-Index dan RH.



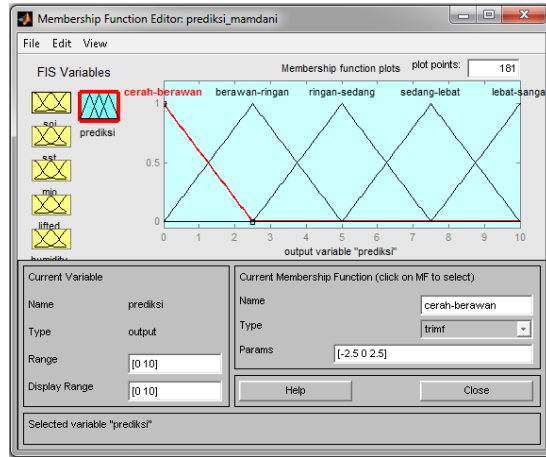
Gambar 6. FIS Editor tipe Mamdani

Setiap parameter input mempunyai tiga kategori, masing-masing menjadi sebuah membership function (MF) yang mempunyai tipe berbeda. Untuk kategori I menggunakan tipe *zmf*, kategori II menggunakan tipe *gaussmf* dan kategori III menggunakan tipe *smf*. Range yang digunakan 0-3.



Gambar 7. Membership Function input

Variabel output berupa prediksi mempunyai lima kategori MF, yaitu cerah - berawan, berawan - ringan, ringan - sedang (hujan ringan - sedang), sedang - lebat (hujan sedang - lebat) dan lebat - sangat (hujan lebat - sangat). Kelima kategori tersebut menggunakan tipe *trimf* dengan range 0-10.

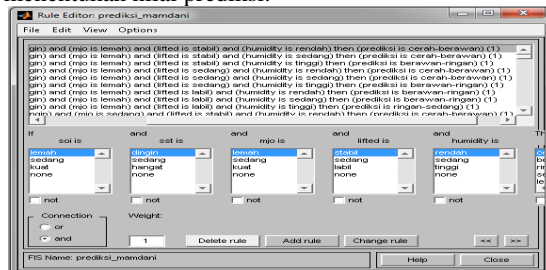


Gambar 8. MF output (prediksi) tipe Mamdani

Penggunaan lima variabel input dengan masing-masing variable mempunyai tiga MF, maka dibuat rule sebanyak 243 buah dengan algoritma sebagai berikut :

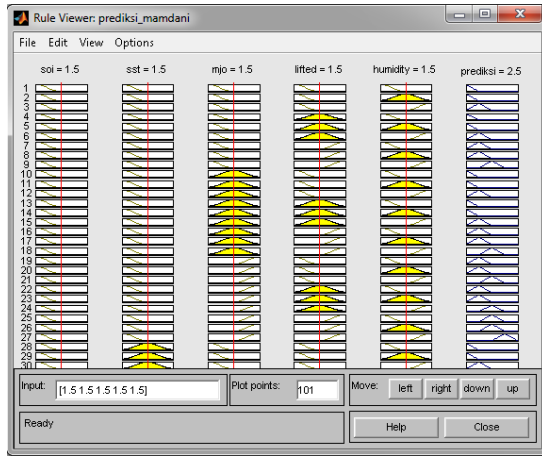
001. If (soi is lemah) and (sst is dingin) and (mjo is lemah) and (lifted is stabil) and (humidity is rendah) then (prediksi is cerah - berawan)
002. If (soi is lemah) and (sst is dingin) and (mjo is lemah) and (lifted is stabil) and (humidity is sedang) then (prediksi is cerah - berawan)
003. If (soi is lemah) and (sst is dingin) and (mjo is lemah) and (lifted is stabil) and (humidity is tinggi) then (prediksi is berawan - ringan)
- ...
241. If (soi is kuat) and (sst is hangat) and (mjo is kuat) and (lifted is labil) and (humidity is rendah) then (prediksi is sedang - lebat)
242. If (soi is kuat) and (sst is hangat) and (mjo is kuat) and (lifted is labil) and (humidity is sedang) then (prediksi is lebat - sangat)
243. If (soi is kuat) and (sst is hangat) and (mjo is kuat) and (lifted is labil) and (humidity is tinggi) then (prediksi is lebat - sangat)

Secara lengkap, seluruh algoritma dibuat dalam Rule Editor dengan menggunakan operand *and* dalam menentukan nilai prediksi.



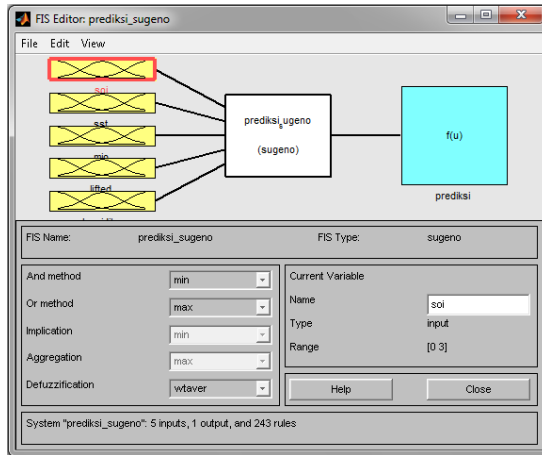
Gambar 9. Rule Editor

Algoritma yang dibuat dalam rule editor bisa di visualisasikan dengan menggunakan Rule Viewer, dimana dengan mengubah nilai-nilai variabel input akan memperoleh nilai variabel output.



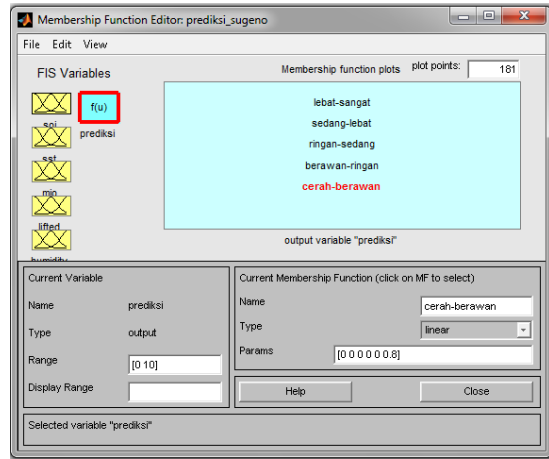
Gambar 10. Rule Viewer tipe Mamdani

Hasil konversi menggunakan fungsi *mam2sug* menghasilkan FIS tipe sugeno yang mempunyai tampilan pada FIS Editor hampir mirip dengan tipe mamdani. Perbedaannya adalah dari variabel output dan tidak aktifnya pemilihan jenis fungsi untuk *implication* dan *aggregation*.



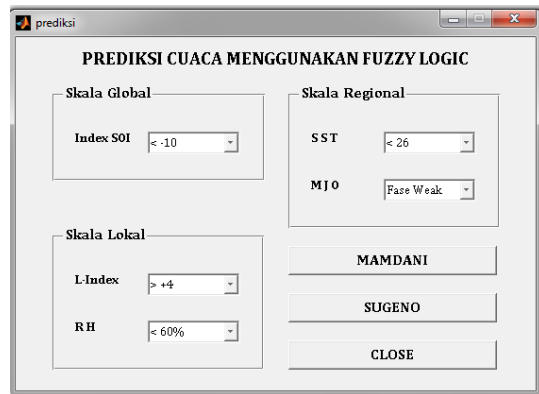
Gambar 11. FIS Editor tipe Sugeno

Meskipun variabel input dari kedua tipe sama, membership function pada output sugeno bisa linier dan konstan. Pada penelitian ini dipilih output dengan nilai linier.



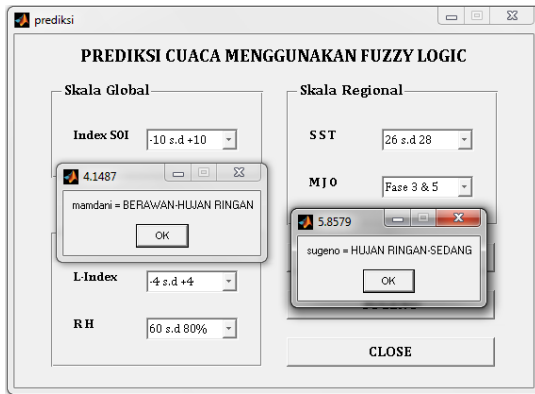
Gambar 12. MF output (prediksi) tipe Sugeno

Tahap selanjutnya adalah mengintegrasikan kedua FIS-file mamdani dan sugeno ke dalam sebuah graphic user interface untuk memudahkan bagi pengguna. Matlab menyediakan fasilitas dalam membuat Graphic User Interface (GUI). Tujuan dari pembuatan GUI adalah untuk memudahkan pengguna dalam melakukan prakiraan cuaca dengan menentukan parameter input yang diinginkan. Dengan menggunakan Aplikasi GUI umumnya lebih mudah dioperasikan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana kerjanya.



Gambar 13. Prototipe Model Prediksi Cuaca Fuzzy Logic

Hasil dari nilai logika berdasarkan IF-THEN rule untuk menentukan jenis prediksi setelah dimasukkan ke dalam algoritma push button akan ditampilkan dalam message box.



Gambar 14. Output Model Prediksi

Tampilan keluaran dari prototipe yang dibuat seperti gambar diatas terlihat adanya perbedaan dari hasil evaluasi FIS untuk fuzzy logic dengan tipe mamdani dan sugeno, walaupun mempunyai input dengan parameter dan kategori yang sama.

Verifikasi adalah proses penentuan keakuratan implementasi dari model. Bagian paling penting dalam pengembangan model adalah verifikasi, dan model bisa diterima dan digunakan dalam mendukung pembuatan keputusan. Salah satu cara dalam verifikasi model prediksi cuaca adalah dengan melihat prosentase akurasi ketika dibandingkan dengan observasinya. Data observasi yang digunakan adalah data pengamatan cuaca yang dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Selaparang Mataram pada bulan Maret, April dan Mei 2012. Pengamatan yang dilakukan dengan mencatat kejadian cuaca yang sedang berlangsung seperti cerah-berawan, berawan-ringan, hujan ringan-sedang, hujan sedang-lebat dan hujan lebat-sangat.

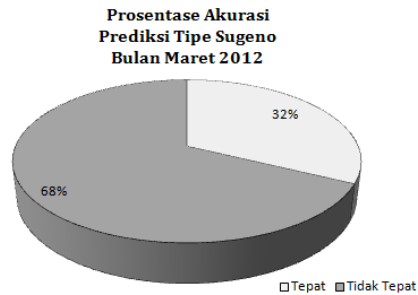
Kesamaan output model pada penelitian dengan pengamatan cuaca yang dilakukan sangat memudahkan dalam melakukan verifikasi. Prediksi yang tepat sesuai dengan observasi baik tipe mamdani maupun sugeno dilambangkan dengan notasi "1", sedangkan apabila tidak tepat dilambangkan dengan "0".

Bulan Maret merupakan akhir dari musim hujan di kota Mataram, model prediksi tipe mamdani mempunyai nilai akurasi ketepatan sebesar 77%, sedangkan prosentase ketidak tepatan sebesar 23%.



Gambar 15. Prosentase Akurasi tipe Mamdani pada musim hujan

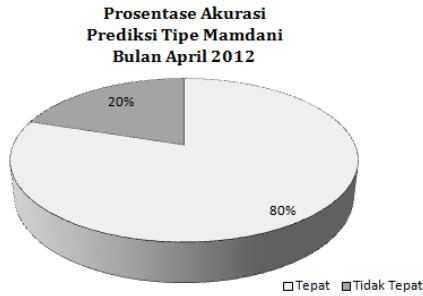
Nilai akurasi yang sangat baik dikarenakan hasil prediksi mendekati hasil observasi. Misalnya observasi menyatakan hujan ringan, sementara prediksi menghasilkan hujan ringan-sedang. Sementara model tipe sugeno mempunyai nilai prosentase akurasi ketepatan lebih kecil, yaitu 32% dan ketidaktepatan sebesar 68%.



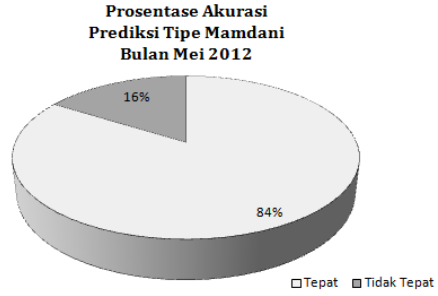
Gambar 16. Prosentase Akurasi tipe Sugeno pada musim hujan

Prosentase akurasi yang sangat dari mamdani sesuai dengan harapan, kecuali sugeno yang sangat jauh dari harapan karena mempunya prosentase lebih kecil dari 50%. Pada musim hujan, model tipe mamdani sangat handal dalam melakukan prediksi cuaca.

Musim peralihan (pancaroba) terjadi pada bulan April di kota Mataram. Pada musim ini biasanya cukup sukar melakukan prediksi, dimana masih terdapat kejadian hujan pada saat mulai musim kemarau, tetapi nilainya belum bisa dikatakan sebagai musim hujan. Hasil prediksi model tipe mamdani mempunyai prosentasi akurasi ketepatan sebesar 80%, lebih kecil dibanding prosentase ketidaktepatannya, yaitu sebesar 20%.



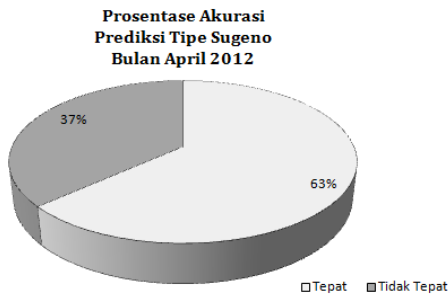
Gambar 17. Prosentase Akurasi tipe Mamdani pada musim pancaroba



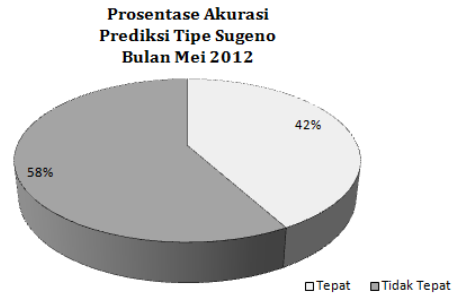
Gambar 4. 2. Prosentase Akurasi tipe mamdani pada musim kemarau

Sementara model tipe sugeno menghasilkan prosentase akurasi ketepatan cukup besar, yaitu 63% dan prosentase ketidaktepatan sebesar 37%.

Prosentase akurasi dari model prediksi tipe sugeno mempunyai prosentase akurasi 42% dan ketidaktepatan sebesar 58%.



Gambar 4. 1. Prosentase Akurasi tipe Sugeno pada musim pancaroba



Gambar 4. 3. Prosentase Akurasi tipe Sugeno pada musim kemarau

Prosentase akurasi dari model prediksi tipe mamdani cukup besar jika dibandingkan dengan tipe sugeno. Hal ini bisa dikatakan bahwa akurasi tipe mamdani sangat handal ketika digunakan sebagai model prediksi cuaca pada musim pancaroba apabila dibandingkan dengan tipe sugeno.

Pada musim kemarau, model prediksi tipe mamdani cukup besar dan sangat baik untuk akurasinya jika dibandingkan dengan tipe sugeno. Hal ini bisa dikatakan bahwa tipe mamdani handal ketika digunakan sebagai model prediksi cuaca pada musim kemarau.

Awal musim kemarau pada kota Mataram dimulai pada bulan Mei, dimana jumlah curah hujan pada batas nilai sebagai musim kemarau. Musim kemarau merupakan musim yang mudah dalam melakukan prediksi, karena dilihat dari tren yang terjadi menunjukkan kondisi cuaca yang cerah-berawan hingga hujan ringan. Walaupun mempunyai tren yang hampir selalu sama, model prediksi tipe mamdani mempunyai prosentase akurasi ketepatan prediksi sebesar 84%. Suatu prosentase yang cukup besar dan akurasi sangat baik bila dibandingkan dengan prediksi pada musim-musim sebelumnya. Sementara untuk prosentase ketidaktepatan sebesar 16%.

V. PENUTUP

- Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah :
- A. Membangun model prediksi cuaca menggunakan fuzzy logic dengan tipe mamdani dan sugeno cukup mudah untuk dilakukan. Dengan memanfaatkan function *mam2sug* pada matlab, FIS mamdani yang telah dibuat terlebih dahulu dikonversi menjadi FIS sugeno. Penggabungan kedua FIS kedalam sebuah GUI cukup dengan dibuat algoritma seperti halnya membuat perintah pada *command window* matlab melalui *function_callback* pada sebuah *push button*.
 - B. Model fuzzy logic tipe mamdani sangat handal dibanding tipe sugeno untuk digunakan sebagai model prakiraan pada semua musim hujan, musim

pancaroba dan musim kemarau, dengan tingkat prosentase ketepatan sebesar 77%, 80% dan 84%. Untuk tipe sugeno menghasilkan tingkat prosentase ketepatan sebesar 32%, 63% dan 42%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Septiadi, Aplikasi Soft Computing Pada Prediksi Curah Hujan Di Kalimantan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 9(1) : 65-77, 2008.
- [2] M. Hasan, T. Tsegaye, X. Shi, G. Schaefer, and G. Taylor, Model for Predicting Rainfall by Fuzzy Set Theory using USDA Scan Data. *Agricultural Water Management*, 95(2008) : 1350-1360, 2008.
- [3] R. E. Morss, J. K. Lazo and J. L. Demuth, Examining the Use of Weather Forecasts in Decision Scenarios: Results from a US Survey with Implications for Uncertainty Communication. *Meteorological Applications*, 17: 149-162, 2010.
- [4] Kadarsah, Aplikasi ROC untuk Uji Keandalan Model HYBMG. *Meteorologi & Geofisika*, 32-42, 2010.
- [5] Y. Megalina, Prediksi Cuaca Ekstrem dengan Model Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Program Matlab. Medan: Universitas Sumatera Utara, 2010.
- [6] N. Sari and E. Sukirman, Prediksi Cuaca Berbasis Logika Fuzzy untuk Rekomendasi Penerbangan di Bandar Udara Raja Haji Fisabilillah. Jakarta: Universitas Guna Darma, 2012.
- [7] A. Zakir, W. Sulistya dan M. K. Khotimah, Perspektif Operasional Cuaca Tropis. Jakarta: Puslitbang BMKG, 2009.
- [8] R. Tresnawati, T. A. Nuraini dan W. Hanggoro, Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode Kalman Filter dengan Prediktor SST Nino 3.4 Diprediksi. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 11(2) : 106-115, 2010.
- [9] R. Muharsyah, Prakiraan Curah Hujan Tahun 2008 Menggunakan Teknik Neural Network Dengan Prediktor Sea Surface Temperature (SST) Di Stasiun Mopah Merauke. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 10(1) : 10-21, 2009.
- [10] A. Naba, Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab. Yogyakarta: Andi, 2009.
- [11] L. Yazdi, Cap and Fill Level Inspection for Plastic Bottle using Vision System. Bangi: Universitas Kebangsaan Malaysia, 2012.
- [12] S. Shamshirband, S. Kalantari and Z. Bakhshandeh, Designing a smart multi-agent system based on fuzzy logic to improve the gas consumption pattern. *Scientific Research and Essays*, 5(6) : 592-605, 2010.
- [13] G. A. Fallah-Ghalhary, M. Mousavi-Baygi and M. H. Nokhandan, Annual Rainfall Forecasting by Using Mamdani Fuzzy Inference System. *Research Journal of Environmental Sciences*, 3: 400-413, 2009.
- [14] J. Hakim, A. Aisjah dan S. Arifin, Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Dengan Metode Logika Fuzzy Untuk Meningkatkan Jangkauan Ramalan : Studi Kasus Pelayaran Surabaya-Banjarmasin. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2009.
- [15] M. K. Mayilvaganan and K. Naidu, ANN and Fuzzy Logic Models for The Prediction of Groundwater Level of a Watershed. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 3(6) : 2523-2530, 2011.
- [16] H. Salfarina, Fuzzy Case-Based Reasoning for Weather Prediction. Universitas Teknologi Malaysia, 2008.
- [17] M. Ebadi, M. A. Ahmadi, K. F. Hikoei and Z. Salari, Evolving Genetic Algorithm, Fuzzy Logic and Kalman Filter for Prediction of Asphaltene Precipitation due to Natural Depletion. *International Journal of Computer Applications*, 35(1) : 12-16, 2011.
- [18] G. A. Tularam, Relationship between El Nino Southern Oscillation Index and Rainfall (Queensland, Australia). *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 5(4) :378-391, 2010.
- [19] B. W. Otok and Suhartono, Development of Rainfall Forecasting Model in Indonesia by using ASTAR, Transfer Function, and ARIMA Methods. *European Journal of Scientific Research*, 38(3) : 386-395, 2009.
- [20] P. A. Omeny, L. Ogallo, R. Okoola, H. Hendon and M. Wheeler, East African Rainfall Variability Associated with the Madden-Julian Oscillation. *Journal of Kenya Meteorological Society*, 2(2) : 105-114, 2008.
- [21] S. Chattopadhyay and M. Chattopadhyay, A Soft Computing Technique in Rainfall Forecasting. *International Conference on IT* (pp. 523-526). HIT, 2007.
- [22] E. Aldrian and Y. S. Djamil, Application Of Multivariate Anfis For Daily Rainfall Prediction: Influences Of Training Data Size. *Makara Sains*, 12(1) : 7-14, 2008.