

PENERAPAN LOGIKA FUZZY DALAM SISTEM PRAKIRAAN CUACA BERBASIS MIKROKONTROLER

^[1]Velma Kurniati, ^[2]Dedi Triyanto, ^[3]Tedy Rismawan

^{[1][2][3]}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

Telp./Fax.: (0561) 577963

e-mail:

^[1]velmapjs@student.untan.ac.id, ^[2]dedi.triyanto@siskom.untan.ac.id,

^[3]tedyrismawan@siskom.untan.ac.id

Abstract

Weather is one of the important factors in supporting human activities. The difference of weather between another place caused by the changes of air temperature, humidity and air pressure. Parameters that are considered for predicting weather are air temperature, humidity and air pressure. Fuzzy logic using Sugeno method acts as a significant function in decision making procedure. Fuzzy logic using Sugeno method is best used in forecasting because it has a tolerance to incorrect data and contains uncertainty that can be applied to weather forecasting systems. This research uses Arduino Uno microcontroller. The output from this research is the information on the value of air temperature, air humidity, air pressure and the prediction of weather. The 3 (three) results of weather forecasts generated in this study is the weather conditions such as rain, cloudy or bright. The success of the system based on the comparison between the system and the actual weather is 74%.

Keywords: Weather, Fuzzy Logic, Method, Arduino

1. PENDAHULUAN

Cuaca merupakan salah satu faktor yang penting dalam mendukung berbagai aktivitas manusia. Aktifitas manusia yang bergantung pada keadaan cuaca diantaranya aktifitas penerbangan, pelayaran, pertanian, perjalanan darat, aktifitas sehari-hari (menjemur pakaian), aktifitas pabrik atau perusahaan yang masih menggunakan matahari sebagai pengering hasil produksinya. Pada saat ini cuaca sering kali mengalami perubahan yang sangat cepat. Perubahan cuaca bisa terjadi hanya beberapa jam saja. Misalnya: pagi hari, siang hari atau sore hari, dan keadaannya bisa berbeda-beda untuk setiap tempat serta setiap jamnya. Adanya perbedaan cuaca antara satu tempat dengan tempat yang lainnya disebabkan oleh perubahan suhu udara kelembaban udara serta tekanan udara ditempat tersebut. Maka dari itu prakiraan cuaca sangat diperlukan untuk

mengetahui kondisi cuaca pada waktu dan tempat tertentu.

Adapun penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hapsari dan Karimah adalah sistem pendukung keputusan peramalan cuaca dengan menggunakan logika fuzzy Mamdani yang bertujuan untuk menciptakan suatu *software* yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam pengambilan keputusan peramalan cuaca menggunakan logika fuzzy Metode Mamdani. Yang menjadi parameter masukan adalah suhu udara, kelembaban udara, dan tekanan udara. Data yang digunakan diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Juanda Surabaya dengan skala waktu peramalan 0-12 jam. Keluaran yang dihasilkan berupa kondisi cuaca yang akan terjadi baik hujan, berawan, cerah berawan dan cerah [1]. Penelitian lainnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Mahanani adalah penerapan

logika fuzzy untuk memprediksi cuaca harian di Banjarbaru yang menghasilkan aplikasi untuk memprakirakan cuaca harian atau digunakan untuk 24 jam kedepan. Penelitian ini menggunakan 6 (enam) variabel *input* dan 5 (lima) variabel *output*. [2]

Sehubungan dengan hal tersebut, telah dibuat sebuah alat yang dapat memprakirakan cuaca menggunakan parameter masukan yang diperoleh secara langsung pada waktu tertentu dengan menggunakan sensor-sensor yang ada. Perhitungan dan pengambilan keputusan prakiraan cuaca pada penelitian ini menggunakan logika fuzzy metode Sugeno. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat dan mengandung ketidakpastian sehingga dapat diterapkan pada sistem prakiraan cuaca. Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino Uno. Sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi cuaca yang cepat dan akurat untuk mendukung kelancaran aktifitas sehari-hari.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengolah data yang diperoleh dari sensor suhu, kelembaban dan tekanan udara menggunakan logika fuzzy metode sugeno untuk menghasilkan prakiraan cuaca. Implementasi logika fuzzy kedalam mikrokontroler Arduino Uno. Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan kemudahan bagi seseorang yang akan melakukan suatu aktifitas tertentu yang memerlukan informasi kondisi cuaca pada waktu tertentu.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Cuaca

Cuaca merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada saat yang relatif singkat yang meliputi kondisi suhu, kelembaban, serta tekanan udara sebagai komponen utamanya. Cuaca merupakan keadaan atmosfer sehari-hari dimana kondisi cuaca terkadang berubah dari waktu ke waktu. Unsur-unsur yang dapat mempengaruhi kondisi cuaca yaitu suhu, kelembaban serta tekanan udara. Suhu adalah derajat panas dari aktivitas molekul dalam atmosfer. Perubahan suhu udara di satu tempat dengan tempat lainnya

bergantung pada ketinggian tempat dan letak astronomisnya (lintang). Kelembaban Udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam massa udara pada saat dan tempat tertentu. Tekanan Udara adalah suatu gaya yang timbul akibat adanya berat dari lapisan udara. Besarnya tekanan udara di setiap tempat pada suatu saat berubah-ubah. Makin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, makin rendah tekanan udaranya. Hal ini disebabkan karena makin berkurangnya udara yang menekan [3]. Prakiraan cuaca merupakan suatu hasil kegiatan pengamatan kondisi fisis dan dinamis udara dari berbagai tempat pengamatan yang kemudian dikumpulkan kemudian dilakukan pengamatan sedemikian rupa sehingga dihasilkan suatu prakiraan. Umumnya, prakiraan cuaca yang dihasilkan yaitu hujan, berawan dan cerah.

2.2 Logika Fuzzy

Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lofti A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy. Dalam banyak hal, logika fuzzy digunakan sebagai suatu cara untuk memetakan permasalahan input menuju ke output [4].

Fuzzy secara bahasa diartikan kabur atau samar-samar. Dalam logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 hingga 1. Logika fuzzy digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistic), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat dan sangat cepat. Logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika klasik, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan

dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan [5].

a. Himpunan Fuzzy

Dalam teori logika fuzzy dikenal himpunan fuzzy (fuzzy set) yang merupakan pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (linguistic variable), yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan. Didalam semesta pembicaraan, fungsi keanggotaan dari suatu himpunan fuzzy bernilai antara 0 (nol) sampai dengan 1 (satu). Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu [5]:

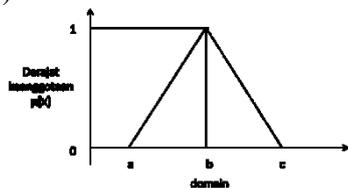
1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 25, 50, dsb.

b. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan [4]:

1. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear).



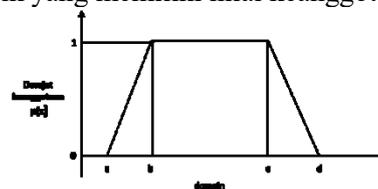
Gambar 1. Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

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

2. Representasi Kurva Trapezium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



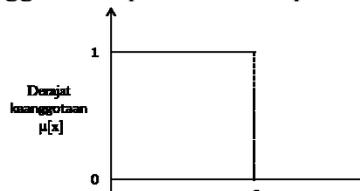
Gambar 2. Kurva Trapezium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & x \geq d \end{cases} \quad (2)$$

3. Representasi Kurva Singleton

Kurva singleton merupakan fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada nilai crisp.



Gambar 3. Kurva Singleton

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & \text{untuk } x = a \\ 0, & \text{untuk } x \neq a \end{cases} \quad (3)$$

c. Operator Dasar untuk Operasi Himpunan Fuzzy

Ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama *fire strength* atau α -predikat. Ada 3 operator dasar yang untuk operasi himpunan fuzzy, yaitu [4]:

1. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (4)$$

2. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (5)$$

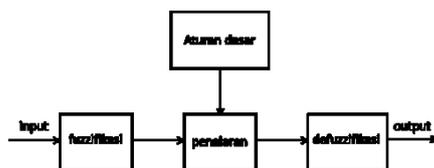
3. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x] \quad (6)$$

d. Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi fuzzy adalah proses memformulasikan pemetaan dari input yang diberikan ke sebuah output dengan menggunakan logika fuzzy. Sistem ini melibatkan logika fuzzy dan komponen di dalamnya seperti fungsi keanggotaan, operasi logika fuzzy dan aturan if-then [6].



Gambar 4. Blok Diagram Logika Fuzzy

e. Metode Sugeno

Penalaran metode Sugeno mempunyai output (konsekuen) yang tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Michio Sugeno mengusulkan penggunaan singleton sebagai fungsi keanggotaan konsekuen.

Proses pengambilan keputusan menggunakan metode Sugeno memberikan efisiensi dalam proses komputasi karena dalam metode ini fungsi keanggotaan *output* menggunakan fungsi singleton sehingga mempercepat perhitungan. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-

Sugeno Kang pada tahun 1985, sehingga metode ini sering disebut metode TSK. [7], metode TSK terdiri dari 2 jenis, yaitu:

1. Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol
Secara umum bentuk model fuzzy Sugeno Orde-Nol adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } (x_3 \text{ is } A_3) \text{ o } \dots \text{ o } (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z=k \quad (7)$$

Dengan A_i adalah himpunan fuzzy ke-I sebagai anteseden, dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

2. Model Fuzzy Sugeno Orde-Satu
Secara umum bentuk model fuzzy Sugeno Orde-Satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } \dots \text{ o } (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q \quad (8)$$

Dengan A_i adalah himpunan fuzzy ke-I sebagai anteseden, dan p_i adalah suatu konstanta (tegas) ke-I dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Tahapan-tahapan proses inferensi dengan metode Sugeno adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan himpunan fuzzy (Fuzzifikasi)
Tahap ini mengambil nilai-nilai tegas dan menentukan derajat keanggotaan, di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan fuzzy.
2. Aplikasi fungsi implikasi (Inferensi)
Fungsi implikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah implikasi min (menggunakan operator AND).
3. Proses defuzzifikasi
Menggunakan fungsi keanggotaan singleton pada variabel output dan menggunakan height method dalam penentuan nilai keluaran.

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital input/output (6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 analog input, 16MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala

hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. [8]. Bagian dan komponen dari Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Papan Arduino Uno
(<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>)

Spesifikasi Arduino Uno sebagai berikut :

- Mikrokontroler : ATmega328
- Tegangan Operasi : 5V
- Pin digital I/O : 14 (6 diantaranya pin PWM)
- Flash Memory : 32 KB dengan 0,5 KB digunakan bootloader
- SRAM : 2 KB
- EEPROM : 1 KB
- Kecepatan Pewaktuan : 16Mhz

2.4 Sensor Suhu dan Kelembaban (SHT11)

SHT1x (termasuk SHT10, SHT11 dan SHT15) merupakan keluarga sensirion dari sensor kelembaban relatif dan suhu. Sensor-sensor ini mengintegrasikan elemen sensor dengan pemrosesan sinyal pada cetakan kaki kecil dan memberikan output digital yang sepenuhnya dikalibrasikan. Elemen sensor kapasitif yang unik digunakan untuk mengukur kelembaban relatif, sementara temperatur diukur dengan sensor *band-gap*. Koefisien kalibrasi diprogram ke dalam memori OTP pada chip. Koefisien ini digunakan untuk mengkalibrasikan sinyal dari sensor secara internal. 2-wire serial interface dan regulasi voltase internal memungkinkan sistem integrasi yang mudah dan cepat [9].



Gambar 6. Sensor SHT11 (Sumber : SHT1x Datasheet, 2010)

Spesifikasi Sensor SHT11 sebagai berikut :

- Berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif Sensirion SHT11.
- Memiliki ketepatan (akurasi) pengukuran suhu hingga 0,4°C pada suhu 25°C dan ketepatan (akurasi) pengukuran kelembaban relatif hingga 3,0%RH.
- Mengukur suhu dari -40°C hingga +123,8°C, atau dari -40°F hingga +254,9°F dan kelembaban relatif dari 0%RH hingga 100%RH.
- Membutuhkan catudaya 5 VDC.

2.5 Sensor Tekanan Udara

BMP180 merupakan penerus dari BMP085 dengan banyak peningkatan yang signifikan, seperti ukuran lebih kecil (lebih hemat energi dengan konsumsi energi sangat rendah, kurang dari 3 μ A) dan penambahan antarmuka digital yang baru. BMP180 dirancang untuk dihubungkan langsung ke mikrokontroler melalui bus I2C [10].



Gambar 7. Sensor BMP180
(Sumber : Machfud, 2016)

Spesifikasi sensor BMP180 sebagai berikut:

- Rentang tekanan: 300-1100 hPa.
- Antarmuka kendali: I2C (kecepatan transfer 3,4 MHz).
- Catu daya: 1,6 - 3,6 volt
- Waktu pendeteksian tekanan: 5 msec.

2.6 Liquid Crystal Display (LCD)

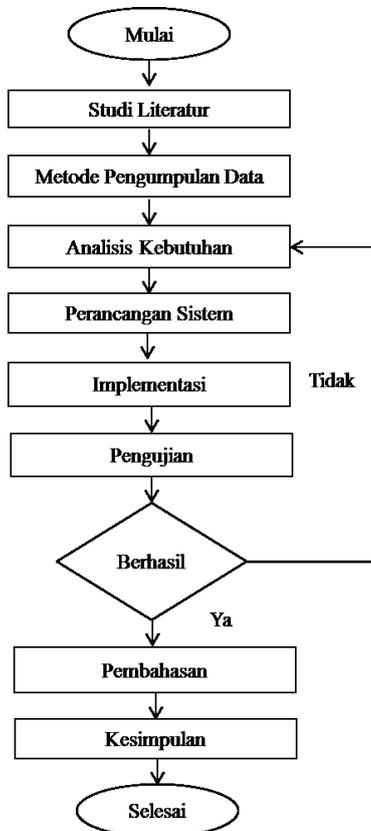
Liquid Crystal Display (LCD) merupakan modul elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter angka, huruf, atau simbol-simbol lainnya sehingga dapat dilihat secara visual pada suatu panel. LCD akan terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno. Bentuk fisik LCD dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Display LCD 16x2
(Sumber : Zulmi, 2015)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini mencakup studi literatur, metode pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, pembahasan, kesimpulan. Gambar 9 menunjukkan diagram alir penelitian.

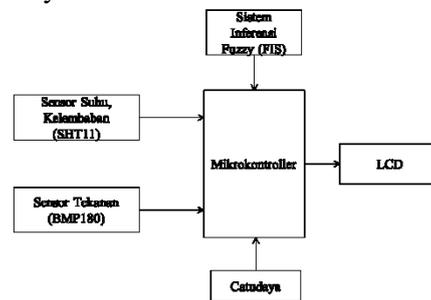


Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

4. PERANCANGAN

4.1 Diagram Blok Sistem

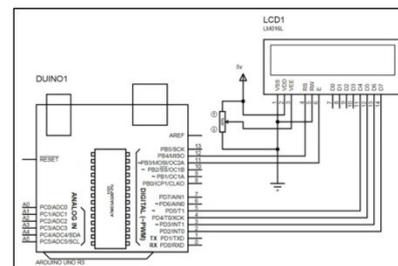
Prinsip kerja sistem secara umum diagram blok pada Gambar 10 yaitu terdapat dua buah perangkat masukan yaitu sensor suhu, kelembaban (SHT11) dan sensor tekanan udara (BMP180), satu buah mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali utama sistem, serta terdapat satu buah perangkat keluaran yaitu Liquid Crystal Display (LCD). Seluruh perangkat masukan dan keluaran terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno dan diberi catudaya.



Gambar 10. Diagram blok sistem

4.2 Perancangan Rangkaian Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid crystal display (LCD) yang digunakan dalam sistem ini adalah LCD 16x2 yang artinya 16 kolom dan 2 baris karakter. Rangkaian skematik LCD dapat dilihat pada gambar 11.

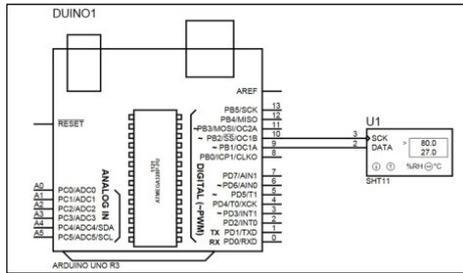


Gambar 11. Rangkaian Skematik LCD

4.3 Perancangan Rangkaian Sensor Suhu dan Kelembaban Udara

Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan pada alat ini menggunakan sensor tipe SHT11. Sensor SHT11 digunakan untuk mengukur suhu udara dan kelembaban udara. Rangkaian skematik

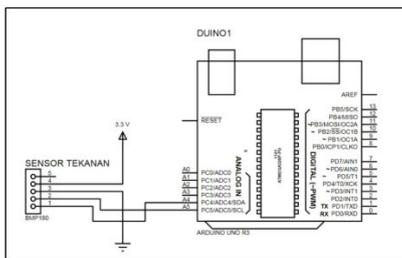
sensor SHT11 dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian Skematik Sensor SHT11

4.4 Perancangan Rangkaian Sensor Tekanan Udara

Sensor tekanan udara yang digunakan pada alat ini adalah sensor tipe BMP180. Sensor tekanan udara BMP180 digunakan untuk mengukur tekanan udara. Rangkaian skematik sensor BMP180 dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Rangkaian Skematik Sensor BMP180

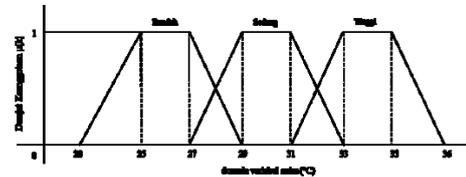
4.5 Perancangan Logika Fuzzy

Perancangan logika fuzzy pada penelitian ini menggunakan FIS (*Fuzzy Inference System*).

1. Fuzzifikasi

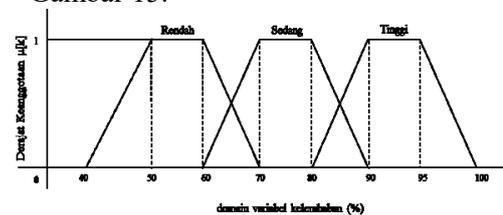
Fuzzifikasi adalah proses mengubah masukan nilai crisp ke dalam himpunan fuzzy dan menentukan derajat keanggotaannya di dalam himpunan fuzzy. Dalam sistem prakiraan cuaca menggunakan tiga buah masukan yang akan di fuzzifikasikan ke dalam himpunan fuzzy yaitu suhu udara, kelembaban udara dan tekanan udara. Hasil dari fuzzifikasi yang didapat didasarkan pada perancangan fungsi keanggotaan input. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah kurva trapesium.

- Fungsi Keanggotaan Suhu
Bentuk fungsi keanggotaan input suhu dapat dilihat pada gambar 14.



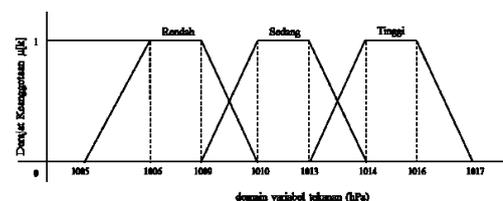
Gambar 14. Fungsi Keanggotaan Suhu

- Fungsi Keanggotaan Kelembaban Udara
Bentuk fungsi keanggotaan input kelembaban dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Fungsi Keanggotaan Kelembaban

- Fungsi Keanggotaan Tekanan Udara
Gambar 16 menunjukkan fungsi keanggotaan input untuk tekanan udara.



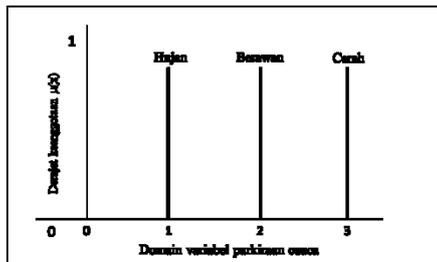
Gambar 16. Fungsi Keanggotaan Tekanan Udara

2. Basis Aturan

Pembentukan aturan logika fuzzy dibuat menjadi 21 aturan (**R**). Aturan-aturan ini merupakan fungsi implikasi, dimana aturan yang telah dibuat digunakan untuk menghubungkan antara input dan output dengan menggunakan operator *AND*. Aturan fuzzy untuk prakiraan cuaca adalah sebagai berikut.

- *If* Suhu Rendah “AND”
Kelembaban Tinggi “AND”

- Tekanan Rendah *Then* Cuaca Hujan
- *If* Suhu Tinggi *“AND”* Kelembaban Rendah *“AND”* Tekanan Rendah *Then* Cuaca Cerah
 - *If* Suhu Rendah *“AND”* Kelembaban Sedang *“AND”* Tekanan Tinggi *Then* Cuaca Berawan
3. Inferensi
Menggunakan metode Sugeno dalam proses inferensi. Untuk mendapatkan keluaran dalam domain fuzzy digunakan aplikasi fungsi implikasi. Pada penelitian ini menggunakan metode Sugeno dalam proses inferensi. Untuk mendapatkan keluaran dalam domain fuzzy digunakan aplikasi fungsi implikasi. Fungsi implikasi yang digunakan adalah implikasi Min (menggunakan operator *AND*).
4. Defuzzifikasi
Pada proses defuzzifikasi ini dipilih 3 buah nilai linguistik untuk menentukan kondisi cuaca yang direpresentasikan dalam bentuk fungsi keanggotaan singleton. Gambar 17 menunjukkan fungsi keanggotaan *output* prakiraan cuaca.



Gambar 17. Fungsi Keanggotaan Output

5. Implementasi, Pengujian dan Pembahasan

5.1. Implementasi Alat Prakiraan Cuaca

Penerapan logika fuzzy dalam sistem prakiraan cuaca berbasis Arduino Uno menghasilkan alat yang dapat memprakirakan cuaca berdasarkan parameter masukan berupa suhu udara, kelembaban udara dan tekanan udara. Implementasi alat prakiraan cuaca dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Alat Prakiraan Cuaca

5.2 Pengujian

a. Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD)

Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) dengan memberikan program sederhana pada Arduino untuk menampilkan karakter huruf atau angka. Gambar 19 menunjukkan pengujian LCD.



Gambar 19. Pengujian LCD

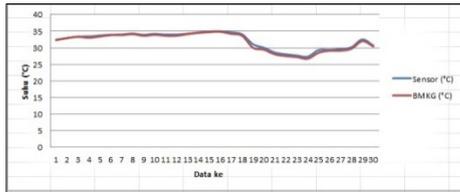
b. Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban

Pengujian sensor suhu dan kelembaban dilakukan dengan melakukan pengukuran disekitar sensor dengan membandingkan nilai yang dibaca sensor dengan alat ukur BMKG. Dari 30 data pengujian, dapat disimpulkan bahwa hasil persentase *error* rata-rata suhu udara sebesar 1,15% dan kelembaban udara 6,53%. Gambar 20 menunjukkan pengujian sensor SHT11.



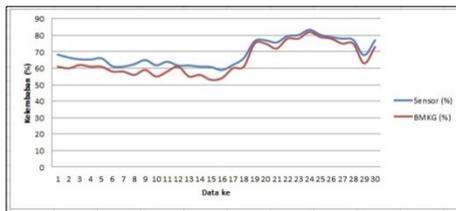
Gambar 20. Pengujian sensor SHT11

Gambar 21 merupakan grafik perbandingan suhu udara pada sensor SHT11 dan alat ukur BMKG. Suhu udara tertinggi yang dicapai sensor SHT11 yaitu sebesar 34.97°C dan suhu terendah sebesar 27.30°C. Sedangkan suhu udara tertinggi yang dicapai alat ukur BMKG yaitu sebesar 34.8°C dan suhu terendah sebesar 26.7°C.



Gambar 21. Grafik Perbandingan Suhu Udara Pada Sensor dan Alat Ukur BMKG

Gambar 22 menunjukkan grafik perbandingan kelembaban udara pada sensor SHT11 dan alat ukur BMKG. Kelembaban udara tertinggi dan terendah yang dicapai oleh sensor SHT11 yaitu sebesar 83.41% dan 60.77%. Sedangkan kelembaban udara tertinggi dan terendah yang dicapai oleh alat ukur BMKG sebesar 82% dan 53%.



Gambar 22. Grafik Perbandingan Kelembaban Pada Sensor dan Alat Ukur BMKG

c. Pengujian Sensor Tekanan Udara

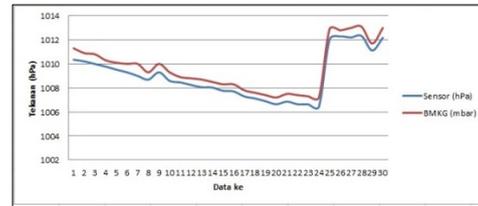
Pengujian sensor tekanan udara BMP180 bertujuan untuk melihat kerja sensor tekanan udara dalam melakukan pengukuran tekanan udara pada kondisi riil (nyata) diluar ruangan dengan cara membandingkan nilai yang dibaca oleh sensor dengan alat ukur BMKG. Dari 30 data pengujian, dapat disimpulkan bahwa hasil persentase *error* rata-rata tekanan udara sebesar 0,06%. Gambar 23 menunjukkan pengujian sensor BMP180.



Gambar 23. Pengujian Sensor BMP180

Gambar 24 menunjukkan grafik perbandingan tekanan udara pada sensor SHT11 dan alat ukur BMKG. Dari data yang didapat, perbandingan tekanan udara

pada sensor BMP180 dan alat ukur BMKG tidak terlalu jauh. Tekanan udara tertinggi dan terendah yang dicapai oleh sensor BMP180 sebesar 1012.33 hPa dan 1006.43 hPa sedangkan pada alat ukur BMKG sebesar 1013.1 mbar dan 1007.2 mbar.



Gambar 24. Grafik Perbandingan Tekanan Pada Sensor dan Alat Ukur BMKG

d. Pengujian Keseluruhan Sistem

Tahap pengujian sistem dalam prakiraan cuaca adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan semua komponen perangkat yang digunakan seperti, sensor SHT11, sensor tekanan udara BMP180, dan LCD pada mikrokontroler Arduino Uno.
2. Menyalakan mikrokontroler dan memasukkan program kedalamnya.
3. Pengujian dilakukan dengan meletakkan alat prakiraan cuaca pada ruangan terbuka.
4. Kemudian sensor SHT11 dan BMP180 melakukan pengukuran terhadap suhu udara, kelembaban udara dan tekanan udara.
5. Setelah dilakukan pengukuran, didapat hasil pengukurannya berupa nilai dari suhu udara, kelembaban udara dan tekanan udara.
6. Nilai yang didapat ini dijadikan sebagai parameter masukan pada logika fuzzy.
7. Parameter masukan diproses dengan menggunakan logika fuzzy yang telah dirancang sebelumnya, yaitu dengan proses pembentukan fungsi keanggotaan, pembentukan aturan fuzzy, proses inferensi, dan proses defuzzifikasi sehingga mendapatkan keluaran berupa prakiraan cuaca untuk satu jam kedepan.
8. Logika fuzzy diproses didalam mikrokontroler yang didalamnya telah

- dimasukkan program dengan sistem fuzzy.
- Setelah proses fuzzy selesai, maka didapat hasil keluaran dari sistem ini berupa prakiraan cuaca.

Hasil Pengujian sistem tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian

No. Pengujian	Pembacaan Sensor			Prakiraan	Aktual	Keterangan
	SHT11		BMP180			
	°C	%	hpa			
1.	33.19	61.34	1005.71	Cerah	Cerah	Sama
2.	32.80	69.27	1010.20	Cerah	Cerah	Sama
3.	34.06	60.69	1008.23	Cerah	Cerah	Sama
4.	33.81	62.35	1006.99	Cerah	Cerah	Sama
5.	33.33	64.19	1005.99	Cerah	Hujan	Tidak Sama
6.	32.68	70.97	1005.15	Cerah	Cerah	Sama
7.	32.08	68.51	1006.77	Cerah	Cerah	Sama
8.	32.81	69.67	1006.33	Cerah	Cerah	Sama
9.	32.44	69.75	1005.74	Cerah	Cerah	Sama
10.	32.62	74.24	1005.14	Cerah	Cerah	Sama

Dari keseluruhan data pengujian sebanyak 35 data, terdapat 26 data hasil pengujian yang menghasilkan keluaran yang sama dan 9 data yang tidak sama antara hasil prakiraan cuaca dari alat yang dibuat dengan kondisi cuaca sesungguhnya. Berdasarkan data tersebut, diperoleh presentase keakuratan sistem yaitu sebesar 74%.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa

- Sistem prakiraan cuaca yang dibuat mampu memprakirakan cuaca dengan menggunakan tiga parameter masukan yaitu suhu udara, kelembaban udara dan tekanan udara. Hasil prakiraan cuaca ditampilkan pada layar LCD.
- Logika fuzzy metode Sugeno dapat diterapkan pada sistem prakiraan cuaca.
- Berdasarkan pengujian sistem prakiraan cuaca, hasil perbandingan prakiraan cuaca antara alat yang dibuat dengan kondisi cuaca sesungguhnya menghasilkan akurasi sebesar 74%.

6.2 Saran

Saran untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- Sistem prakiraan cuaca dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan parameter masukan seperti kecepatan angin dan intensitas cahaya.
- Sistem prakiraan cuaca dapat dikembangkan lebih lanjut agar dapat memprakirakan cuaca dalam rentang waktu 24 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Hapsari, D. P., & Karimah, N. (2012). Sistem Pendukung Keputusan Peramalan Cuaca Dengan Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Vol 16, No 1. Hal 34-39.
- Mahanani, Uli. (2015). Penerapan Logika Fuzzy Untuk Memprediksi Cuaca Harian di Banjarbaru. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat. Vol.12 No.2. Hal 13-19.
- Meilanitasari, P. (2010). Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Kusumadewi, Sri., dan Purnomo, Hari. (2010). Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, Sri. (2003). Artificial Intelligence Teknik dan Aplikasinya. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Harys, Hafidzilhaj. (2014). Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Prediksi Kejadian Hujan (Studi Kasus : Sub DAS Siak Hulu). Pekanbaru : Universitas Riau
- Cox, Earl. (1994), *The Fuzzy Systems Handbook Handbook Prsctitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining : Academic Press.*
- Arduino, Official. *Arduino.* 2015. <http://www.arduino.cc/>.
- Sensirion. (2010). Datasheet SHT1x.
- BOSCH. (2013). Datasheet BMP180