

PERINGATAN KEBAKARAN HUTAN MENGUNAKAN SENSOR API, SUHU DAN ASAP

Lukman Hakim¹, Jhensen Halim²

¹ Teknik Informatika, Universitas Bunda Mulia
Jl. Lodan Raya No.9 Jakarta Utara

¹lhakim@bundamulia.ac.id,

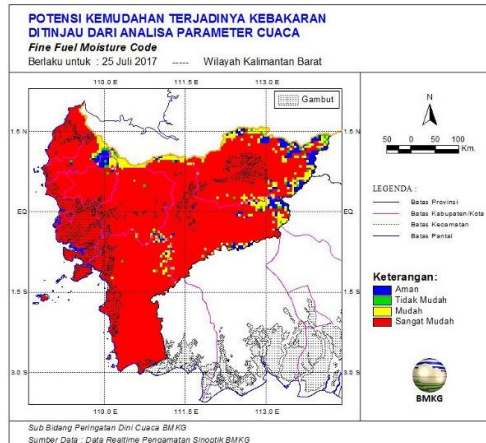
Abstrak. Kebakaran hutan dan lahan (Karhutla) membawa dampak buruk secara ekonomi dan kesehatan, hal ini perlu ditanggulangi dengan berbagai cara seperti pelarangan pembalakan liar, pembakaran hutan oleh industri untuk perluasan lahan, pembuatan pompa air pada daerah yang rawan kebakaran sangat diperlukan untukantisipasi serta penginderaan jarak jauh oleh satelit sebagai suatu cara untuk mengetahui lokasi terjadinya kebakaran hutan. Namun hal ini masih kurang efektif dalam penanganan bencana kebakaran hutan dan lahan, penggunaan detektor api dengan sensor KY-026 dan detektor asap dengan sensor MQ-2 ditambahkan sensor kelembaban udara dengan sensor HDT11, menggunakan *mickrokontroler* arduino dan algoritma fuzzy logic mandani yang menghitung nilai sensor pada alat detektor peringatan kebakaran. Hasil simulasi alat peringatan deteksi kebakaran dapat mendeteksi api dan asap dengan jarak 2 meter, alat dilengkapi pemadam api dengan adanya pompa dan servo untuk berputar memastikan api.

Abstract. Land and forest fires (Karhutla) have adverse economic and health impacts, these need to be addressed in various ways such as prohibiting illegal logging, industrial forest fires for land expansion, water pumping in fire-prone areas indispensable for anticipation and distance sensing remote by satellite as a way to determine the location of forest fires. However, this is still less effective in handling land and forest fire disasters, the use of fire detector with KY-026 sensor and smoke detector with MQ-2 sensor added air humidity sensor with HDT11 sensor, using arduino *mickrokontroler* and fuzzy logic mandani algorithm which calculate sensor value on fire warning detector. The simulation results of the fire detection tool can detect fire and smoke with a distance of 2 meters, equipped with fire extinguishers in the presence of pumps and servo to spin ensure fire.

1 Introduction

Kebakaran hutan Indonesia setiap tahun terjadi berdasarkan data NASAfirm 26 juli 2017, terdapat 743 titik panas yang tersebar di seluruh Indonesia. Titik panas terlihat banyak di Aceh, Riau, Lampung, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Selatan. Oleh karena itu, potensi terjadinya kebakaran di daerah ini sangat besar. Sementara itu, potensi kemudahan terjadinya kebakaran ditinjau dari analisa parameter cuaca menurut data BMKG, per tanggal 25 Juli 2017, hampir 90% – 98 % wilayah Provinsi Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Sumatera Selatan,

Jambi, Riau. Selain itu kebakaran hutan berdampak pada korban jiwa meninggal, dan sesak pernafasan atau ISPA, hal tersebut terjadi pada tahun 2015, 24 orang meninggal dunia, 600 ribu jiwa menderita ISPA, serta pengeluaran dana sebesar 720 Milyar rupiah[1]. Dapat dilihat pada gambar 1. Potensi terjadinya kebakaran pada wilayah Kalimantan Barat.



Gambar 1. Potensi terjadinya kebakaran pada wilayah Kalimantan Barat.berwarna merah merupakan titik rawan sangat mudah terjadinya kebakaran, sebagian besar area kalimantan barat mudah terbakar.

Upaya pemerintah dalam penanggulangi kebakaran hutan dan lahan (Karhutla) yaitu dengan pencegahan pembalakan hutan oleh petani, mengajak perusahaan atau korporat berpartisipasi dalam pencegahan kebakaran, deteksi penginderaan dari satelit untuk melihat *hotspot* area hutan yang mengalami kebakaran, hal tersebut masih belum maksimal hanya sebatas pembacaan dari satelit[2], namun hal tersebut belum maksimal perlu dibuat alat peringatan kebakaran yang dilengkapi sensor api, sensor asap dan kelembaban udara dengan dilengkapi pompa air yang akan secara otomatis melakukan penyemprotan pada titik api pada area yang terbakar. Alat tersebut menggunakan algoritma fuzzy logic mandani yang berfungsi menghitung nilai sensor yang ada pada alat.

2 Teori

2.1 Penelitian sebelumnya

Pada penelitian ini yang berjudul “Desain wireless sensor network dan webserver untuk pemetaan titik api pada kasus kebakaran hutan” penelitian membuat sistem komunikasi dalam pelaporan dan peringatan kebakaran hutan berbasis elektronik dengan mendesain suatu *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk pemetaan titik api. Penelitian ini berfokus pada bagaimana mendesain jaringan komunikasi data antar node sensor pemberi peringatan kebakaran hutan dengan suatu webserver[3].

Penelitian ini berjudul “*Automatization of Forest Fire Detection Using Geospatial Technique*”, penelitian membuat alat penginderaan jarak jauh dengan Penggunaan Spektrometer Radio Imaging Resolusi Moderat (MODIS) hal ini memberikan kemudahan dalam menentukan lokasi kebakaran secara realtime dan

dapat melaporkan, pengolahan data, aplikasi berbasis web menampilkan secara visualisasi kebakaran dan notifikasi berupa pesan singkat[4].

Penelitian ini berjudul “ Detection, Emisi Estimation and risk prediction of forest fires in china using satelite sensors and simulation model in the past three decades” penelitian ini menyajikan gambaran umum tentang deteksi kebakaran hutan, estimasi emisi, dan prediksi risiko kebakaran di China dengan menggunakan citra satelit, data iklim, dan berbagai model simulasi selama tiga dekade terakhir. Sejak tahun 1980an, data yang dirasakan jauh dari yang diakuisisi oleh banyak satelit, seperti NOAA / AVHRR, FY-series, MODIS, CBERS, dan ENVISAT, telah banyak digunakan untuk mendeteksi titik api kebakaran hutan dan daerah yang terbakar di China. Beberapa algoritma yang dikembangkan telah digunakan untuk mendeteksi titik api kebakaran hutan pada tingkat sub-pixel. Sehubungan dengan pemodelan emisi pembakaran hutan, model estimasi produktivitas Primer Primer (NPP) berbasis data penginderaan jauh dikembangkan untuk memperkirakan biomassa hutan dan bahan bakar. Untuk memperbaiki pemodelan risiko kebakaran hutan di China, data meteorologi real-time, seperti suhu permukaan, kelembaban relatif, kecepatan dan arah angin, telah digunakan sebagai masukan model untuk memperbaiki prediksi terjadinya kebakaran hutan dan perilakunya. Saluran gelombang pendek inframerah (SWIR) dan inframerah (NIR) sensor satelit telah digunakan untuk mendeteksi kadar air bahan bakar aktif (FMC), dan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) digunakan untuk mengevaluasi kondisi vegetasi hutan dan status kelembabannya[5].

2.2 Algoritma Fuzzy Logic

Sebelum munculnya teori fuzzy (fuzzy logic), dikenal sebuah logika tegas (Crisp logic) yang memiliki nilai benar atau salah secara tegas. Sebaliknya logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran antara benar dan salah. Dalam teori logika fuzzy sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Kata Fuzzy merupakan kata sifat yang berarti kabur, tidak jelas. Fuzziness atau kekaburan atau ketidakjelasan atau ketidakpastian selalu meliputi keseharian manusia. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika fuzzy modern dan metodis baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy itu sendiri sudah ada sejak lama[6],[7].

2.2.1 Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan hasil, diperlukan 4 tahapan[6],[7]:

- a. Pembentukan himpunan fuzzy. Pada proses fuzzifikasi langkah yang pertama adalah menentukan variable fuzzy dan himpunan fuzzinya. Kemudian tentukan derajat kesepadanan (*degree of match*) antara data masukan fuzzy dengan himpunan fuzzy yang telah didefinisikan untuk setiap variabel masukan sistem dari setiap aturan fuzzy. Pada metode mamdani, baik variabel

masukan maupun variabel keluaran atau hasil dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

- b. Aplikasi fungsi implikasi pada metode mamdani. Fungsi implikasi yang digunakan Adalah min. Lakukan implikasi fuzzy berdasar pada kuat penyulutan dan himpunan fuzzy terdefinisi untuk setiap variabel keluaran di dalam bagian konsekuensi dari setiap aturan. Hasil implikasi fuzzy dari setiap aturan ini kemudian digabungkan untuk menghasilkan keluaran infrensi fuzzy.
- c. Komposisi Aturan. Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka infrensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR.
- d. Penegasan (defuzzy). Masukan dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan keluaran yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut.

2.3 Sensor Kelembaban DHT11

Menurut Aditya dan Wibawanto (2013, p15), Sensor DHT11 merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. Sensor ini tergolong komponen yang memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik, apalagi digandeng dengan kemampuan mikrokontroler ATmega8. Produk dengan kualitas terbaik, respon pembacaan yang cepat, dan kemampuan anti-interference, dengan harga yang terjangkau. DHT11 memiliki fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi ini disimpan dalam OTP program *memory*, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu suhu atau kelembaban, maka module ini membaca koefisien sensor tersebut. Ukurannya yang kecil, dengan transmisi sinyal hingga 20 meter, membuat produk ini cocok digunakan untuk banyak aplikasi-aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban.

2.4 Modul Sensor Api KY-026 (*Flame Sensor Module*)

Berdasarkan *Future electronics Eryp*, Modul ini sensitif terhadap api dan radiasi. Ini juga dapat mendeteksi sumber cahaya biasa dalam rentang panjang gelombang 760nm-1100 nm. Jarak deteksi sampai 100 cm. Sensor ini bisa mengeluarkan sinyal digital atau analog. Hal ini dapat digunakan untuk menyalakan alarm atau dalam menembak robot.



Gambar 2. Sensor API KY-026, sensor ini dapat mendeteksi titik api dari panjang gelombang kisaran 760nm-1100nm, dan jarak deteksi yang dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan dengan tegangan operasi 3.3Volt- 5Volt.

3 Metodologi

Dalam makalah ini menggunakan algoritma fuzzy logic dan metode mandani, masukan dari setiap sensor diproses dan dibandingkan untuk menentukan kondisi yang ditentukan. Untuk tahapan fuzzy logic mandani sebagai berikut :

1. *Fuzzyfication*
Tahap proses pertama ini akan dilakukan pencarian derajat keanggotaan masing-masing variabel *input* dengan menggunakan fungsi keanggotaan *liniar* dan segitiga.
2. *Implication* setelah mendapatkan derajat keanggotaan masing-masing variabel *input* maka, pada tahap kedua akan dicari nilai terkecil dari tahap *fuzzyfication* dan memetakannya ke himpunan *output*.
3. *Rule Aggregation* pada tahap ini akan dilakukan pencarian nilai maksimum menggunakan fungsi *max* berdasarkan hasil pemetaan himpunan *output* pada tahap sebelumnya.
4. *Defuzzification* pada tahap ini akan dilakukan perubahan himpunan pada variabel *output fuzzy* untuk mendapatkan nilai *crisp output*. Pada penelitian ini akan digunakan metode defuzzifikasi MOM (*Mean Of Maximum*). Pada metode ini nilai *crisp* didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4 Pembahasan

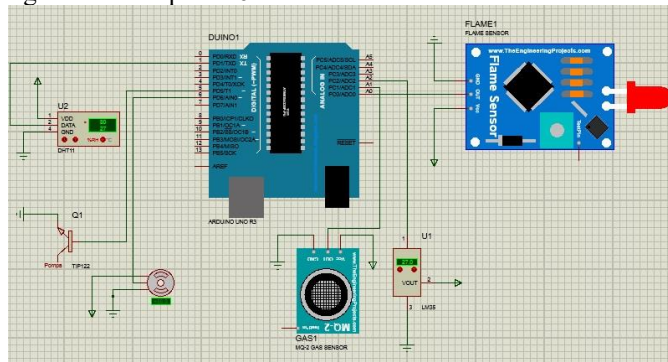
4.1. Prototype peringatan kebakaran hutan

Komponen alat peringatan kebakaran hutan diantaranya adalah :

1. Mikrokontroler Arduino UNO R3
Mikrokontroler Arduino digunakan sebagai otak dari alat pendeteksi kebakaran untuk menampung nilai sensor, menghitung nilai sensor, melakukan proses algoritma logika *fuzzy* metode mamdani, menjalankan perintah-perintah *output*.
2. Sensor Kelembaban DHT-11
Sensor DHT-11 digunakan untuk menangkap nilai kelembaban disekitar alat pendeteksi kebakaran yang digunakan sebagai *input*.
3. Sensor Suhu LM-35
Sensor LM-35 digunakan untuk membaca nilai suhu disekitar alat yang akan digunakan sebagai nilai *input* pada alat pendeteksi kebakaran.
4. Modul Sensor Api KY-026
Sensor KY-026 digunakan untuk mendeteksi jika adanya api disekitar alat pendeteksi kebakaran dan memberikan nilai *input* untuk dilakukan proses pemadaman oleh alat pendeteksi kebakaran.
5. Sensor Asap MQ-2
Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi jika adanya asap disekitar alat dan memberikan nilai *input* untuk dilakukan peroses pemadaman oleh alat pendeteksi kebakaran.
6. Motor Servo *Continuous*
Motor servo digunakan untuk menggerakan sensor KY-026 agar dapat mendeteksi area yang lebih luas.

7. Pompa Air DC 12 Volt
Pompa digunakan sebagai alat pemadaman jika terdeteksi adanya api dan asap disekitar alat pendeteksi kebakaran.
8. *Accu*
Accu sebagai penampungan daya yang ditangkap oleh panel surya.
9. Panel Surya
Panel surya sebagai *power supply* dari alat pendeteksi kebakaran.
10. *Charger*
Charger digunakan untuk mengisi daya dari panel surya ke *accu*.
11. Transistor
Transistor difungsikan sebagai saklar yang akan menghidupkan dan mematikan pompa air.

Gambar 3. Alat peringatan kebakaran hutan dengan 3 sensor yaitu sensor kelembaban DHT-11 dihubungkan melalui *port* D2 pada papan Arduino sebagai *input*, sensor suhu LM-35 dihubungkan melalui *port* A2 sebagai *input*, sensor api KY-026 dihubungkan melalui *port* A0 sebagai *input*, dan sensor asap MQ-2 dihubungkan melalui *port* A1. Kemudian sebagai hasil *output* pompa air dihubungkan melalui *pin collector* pada transistor dengan *pin* basis yang terhubung ke *port* D5 papan Arduino. Servo dihubungkan melalui *port* D6.



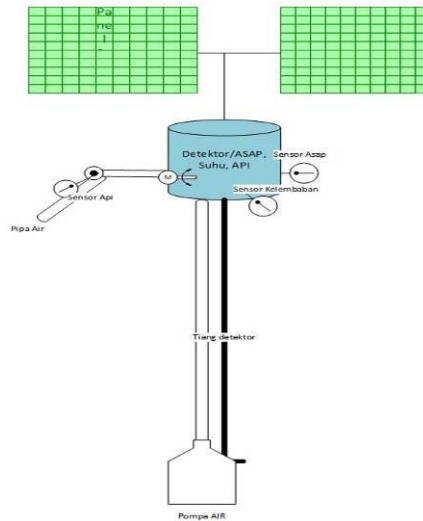
Gambar 3. Diagram skematik kebakaran hutan, menggunakan mikrokontroler arduino UNO R3 dilengkapi 3 sensor yaitu sensor api, sensor asap atau gas, sensor kelembaban. Untuk daya listrik menggunakan panel surya.

4.2. Perancangan

4.2.1. Perancangan alat detektor kebakaran

Pada gambar 4. Bentuk rancangan alat detektor peringatan kebakaran hutan, Tiang pertama untuk penyangga alat berisi komponen utama yaitu mikrokontroler Arduino Uno R3, sensor suhu LM-35, sensor kelembaban DHT-11 dan Breadboard diletakan didalam 1 wadah akrilik yang di letakan ditengah. Pompa air diletakan didalam tangki air. Motor servo diletakan di bagian atas tiang untuk menggerakkan modul sensor api KY-026 dan pipa penyiram. Di antara motor servo dan Arduino terdapat *accu* yang akan digunakan sebagai *power supply*.

3.2.4.

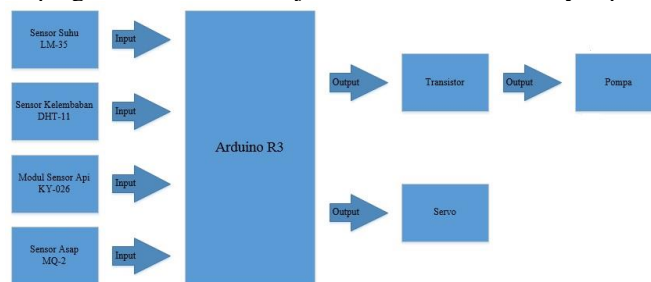


Gambar 4. Alat detektor peringatan kebakaran hutan, dengan 3 sensor api, asap, kelembaban.

4.2.2. Blok diagram alat peringatan kebakaran hutan

Alat Peringatan kebakaran hutan memiliki 3 sensor utama sebagai input yaitu sensor suhu LM-35, sensor kelembaban DHT-11, modul sensor api KY-026. Hasil pembacaan sensor tersebut akan diproses sebagai input pada mikrokontroler Arduino Uno.

Arduino akan memberikan perintah ke transistor untuk menyalakan pompa air jika terdeteksi adanya api atau terdeteksi kelembaban dibawah batas normal. Arduino akan tetap menggerakkan motor servo secara berkelanjutan. Arduino akan langsung menghentikan pergerakan motor servo jika tidak terdeteksi adanya api.



Gambar 5. Blok diagram alat peringatan kebakaran hutan.

4.2.3. Perancangan Algoritma Fuzzy Logic

Untuk penerapan fuzzy logic menggunakan variabel yaitu suhu (dingin, hangat, panas), kelembaban (Kering, Lembab), Api (deteksi, tidak terdeteksi), Asap (deteksi, tidak terdeteksi), pompa (Mati, Kecil, Besar).

- Variabel suhu :
Komponen dingin (0-35), hangat (25-75), panas (60-100)
- Variabel kelembaban :
Komponen kering (0-50), Lembab (40-100).
- Variabel Api :
Komponen deteksi (0-550), tidak terdeteksi (400-1023)
- Variabel Asap :
Komponen deteksi (0-550), tidak terdeteksi (400-1023)
- Pompa: kecil (10,15 dan 20) , besar (20, 25 dan 30) dan mati (0,5 dan 10)

Berdasarkan penentuan variabel, himpunan, dan aturan diatas, maka dapat dilakukan simulasi penghitungan dengan menggunakan nilai sensor dibawah ini :

1. Sensor DHT-11 = 65
2. Sensor LM-35 = 30
3. Sensor KY-026 = 380
4. Sensor MQ-2 = 500

Dengan menggunakan nilai sensor diatas akan dilakukan proses algoritma *fuzzy* metode Mamdani sebagai berikut :

1. Fuzzifikasi

Pada tahap ini akan dilakukan proses penghitungan untuk mencari derajat keanggotaan masing-masing himpunan *input* berdasarkan nilai sensor yang didapatkan di atas. Maka, akan digunakan rumus fungsi keanggotaan *linear* untuk sensor LM-35 untuk himpunan dingin dan panas, DHT-11, KY-026, dan MQ-2 dan rumus fungsi keanggotaan segitiga sensor LM himpunan hangat.

Untuk sensor DHT-11 himpunan lembab :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \\ (x - 40)/(75 - 40); & 40 \leq x \leq 75 \\ 1; & x \geq 75 \end{cases}$$

Untuk sensor LM-35 himpunan dingin :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ (35 - x)/(35 - 0); & 0 \leq x \leq 35 \\ 0; & x \geq 35 \end{cases}$$

Untuk sensor LM-35 himpunan hangat :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 75 \\ (x - 25)/(50 - 25); & 25 \leq x \leq 50 \\ (75 - x)/(75 - 50); & 50 \leq x \leq 75 \end{cases}$$

Untuk sensor KY-026 dan MQ-2 himpunan terdeteksi :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 300 \\ (500 - x)/(500 - 300); & 300 \leq x \leq 500 \\ 0; & x \geq 500 \end{cases}$$

Untuk sensor KY-026 dan MQ-2 himpunan tidak :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 400 \\ (x - 400)/(700 - 400); & 400 \leq x \leq 700 \\ 1; & x \geq 700 \end{cases}$$

Variabel sensor DHT-11

Karena nilai 65 berada pada himpunan lembab, maka nilai keanggotaannya adalah :

- Himpunan kering = 0
- Himpunan lembab = $(65-40)/(75-40)=0.714$

Variabel sensor LM-35

Karena nilai sensor 30 berada diantara himpunan dingin dan hangat maka nilai keanggotaannya adalah :

- Himpunan dingin = $(35-30)/(35-0)=0.142$
- Himpunan hangat = $(30-25)/(50-25)=0.20$
- Himpunan panas = 0

Variabel sensor KY-026

Karena nilai sensor 380 berada pada himpunan terdeteksi, maka nilai keanggotaannya adalah :

- Himpunan terdeteksi = $(500-380)/(500-300)=0.6$
- Himpunan tidak : 0

Variabel sensor MQ-2

Karena nilai sensor 500 berada pada himpunan tidak, maka nilai keanggotaannya adalah :

- Himpunan terdeteksi = 0
- Himpunan tidak = $(500-400)/(700-400) = 0,333$

2. Implikasi

Pada tahap implikasi hasil nilai derajat keanggotaan masing-masing himpunan yang didapatkan dari proses fuzzifikasi akan digabungkan menggunakan fungsi *min* mengikuti *rules* yang telah dibuat sebelumnya. Hasil implikasi akan menjadi derajat keanggotaan himpunan pada variabel *output*.

Rules 1 : Mati , Putar $\rightarrow \min(0.142 ; 0.714 ; 0 ; 0.333) = 0$

Rules 2: Mati , Putar $\rightarrow \min(0.142 ; 0 ; 0 ; 0.333) = 0$

Rules 3 : Mati , Putar $\rightarrow \min(0.20 ; 0.714 ; 0 ; 0.333) = 0$

Rules 4 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0.20 ; 0 ; 0 ; 0.333) = 0$

Rules 5 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0 ; 0.714 ; 0 ; 0.333) = 0$

Rules 6 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0 ; 0 ; 0 ; 0.333) = 0$

Rules 7 :Mati , Putar $\rightarrow \min(0.142 ; 0.714 ; 0.60 ; 0.333) = 0.142$

Rules 8 :Mati , Putar $\rightarrow \min(0.142 ; 0 ; 0.60 ; 0.333) = 0$

Rules 9 :Mati , Putar $\rightarrow \min(0.20 ; 0.714 ; 0.60 ; 0.333) = 0.20$

Rules 10 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0.20 ; 0 ; 0.60 ; 0.333) = 0$

Rules 11 :Kecil, Putar $\rightarrow \min(0 ; 0.714 ; 0.60 ; 0.333) = 0$

Rules 12 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0 ; 0 ; 0.60 ; 0.333) = 0$

Rules 13 : Mati , Putar $\rightarrow \min(0.142 ; 0.714 ; 0 ; 0) = 0$

Rules 14: Mati , Putar $\rightarrow \min(0.142 ; 0 ; 0 ; 0) = 0$

Rules 15 : Mati , Putar $\rightarrow \min(0.20 ; 0.714 ; 0 ; 0) = 0$
 Rules 16 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0.20 ; 0 ; 0 ; 0) = 0$
 Rules 17 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0 ; 0.714 ; 0 ; 0) = 0$
 Rules 18 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0 ; 0 ; 0 ; 0) = 0$
 Rules 19 :Mati , Putar $\rightarrow \min(0.142 ; 0.714 ; 0.60 ; 0) = 0$
 Rules 20 :Mati , Putar $\rightarrow \min(0.142 ; 0 ; 0.60 ; 0) = 0$
 Rules 21 :Mati , Putar $\rightarrow \min(0.20 ; 0.714 ; 0.60 ; 0) = 0$
 Rules 22 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0.20 ; 0 ; 0.60 ; 0) = 0$
 Rules 23 :Kecil, Putar $\rightarrow \min(0 ; 0.714 ; 0.60 ; 0) = 0$
 Rules 24 : Kecil, Putar $\rightarrow \min(0 ; 0 ; 0.60 ; 0) = 0$

3. Agregasi Aturan

Pada tahap agregasi akan dilakukan pencarian nilai derajat keanggotaan terbesar pada himpunan variabel *output*.

- Variabel pompa :
 - Mati = 0.20
 - Kecil = 0
 - Besar = 0
- Variabel servo :
 - Diam = 0
 - Putar = 0.20

4. Defuzzifikasi

Setelah mendapatkan nilai derajat keanggotaan terbesar pada himpunan variabel *output*, maka akan dicari nilai batas bawah dan batas atas pada himpunan yang memiliki nilai derajat keanggotaan terbesar.

a) Variabel pompa

Karena nilai derajat keanggotaan terbesar pada himpunan mati , maka nilai *output* dari proses defuzzifikasi dengan fungsi MOM (*mean of maximum*) didapatkan dengan menjumlahkan nilai batas bawah dan batas atas lalu dibagi dua. Maka nilai *output* dari proses ini adalah:

$$Z_{pompa} = (10+0)/2=5$$

b) Variabel servo

Karena nilai derajat keanggotaan terbesar pada himpunan putar , maka nilai *output* dari proses defuzzifikasi dengan fungsi MOM (*mean of maximum*) didapatkan dengan menjumlahkan nilai batas bawah dan batas atas lalu dibagi dua. Maka nilai *output* dari proses ini adalah:

$$Z_{pompa} = (1+0.5)/2=0.75$$

4.2.4. Coding Logika Fuzzy

Proses fuzzifikasi dilakukan untuk mencai nilai yang diinginkan berdasarkan derajat keanggotaan, dengan 4 variabel sensor yaitu :

- Sensor LM-35 memiliki himpunan dingin, hangat, dan panas.
- Sensor DHT-11 memiliki himpunan lembab dan kering.
- Sensor KY-026 memiliki himpunan terdeteksi dan tidak.
- Sensor MQ-2 memiliki himpunan terdeteksi dan tidak.

Pada himpunan sensor DHT-11, KY-026, dan MQ-2 digunakan rumus fungsi keanggotaan *linear*. Sedangkan untuk sensor LM-35 digunakan 2 rumus. Dapat dilihat pada potongan koding berikut ini:

```
void fuzzifikasi(float sensorDHT, float sensorLM, float
sensorKY, float sensorMQ){
If(sensor<=30)
{
  senDHT[1]=1;
}Else if(sensorDHT>=30 && sensorDHT<=50)
{
  senDHT[1]=(50-sensorDHT)/(50-30);
}else if(sensorDHT>=50)
{
  senDHT[1]=0;
}If(sensorDHT<=40)
{
  senDHT[0]=0;
}
Else if (sensorDHT>=40 && sensorDHT<=75)
{
  senDHT[0]=(sensorDHT-40)/(75-40);
}
}
```

4.2.5. Pengujian alat peringatan kebakaran

Pengujian alat dilakukan hanya sebatas simulasi kebakaran dengan adanya api, asap dan bagaimana pompa dapat berfungsi serta servo berputar sesuai dengan adanya titik api.

Tabel 1. Pengujian sensor api terhadap alat peringatan kebakaran hutan

No	Jarak Api	Kondisi Sensor
1	10 cm	terdeteksi
2	20 cm	terdeteksi
3	30 cm	terdeteksi
4	40 cm	terdeteksi
5	50 cm	terdeteksi
6	60 cm	terdeteksi
7	70 cm	terdeteksi
8	80 cm	terdeteksi
9	90 cm	terdeteksi
10	100 cm	terdeteksi
11	130 cm	terdeteksi
12	150 cm	terdeteksi
13	180 cm	terdeteksi
14	200 cm	terdeteksi
15	230 cm	terdeteksi

5 Simpulan dan Saran

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian alat peringatan kebakaran hutan , dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Implementasi algoritma fuzzy logic dengan metode mandani dapat diterapkan pada data masukan 3 sensor, yaitu sensor api, sensor asap, sensor kelembaban.
2. Berdasarkan hasil pengujian alat sensor api dapat mendeteksi adanya titik api maksimal 200cm
3. Pengujian alat dapat direspon oleh sensor dengan menggerakkan servo pada lengan dan menyiramkan air, dalam hal ini pompa belum disesuaikan tekanan sehingga untuk memudahkan jarak siram air terhadap titik api.

5.2 Saran

Penerapan alat peringatan kebakaran masih perlu dilakukan pengujian kelayaka, adapu saran dalam makalah ini adalah.

1. Sebaiknya dipertimbangkan tenaga listrik yang akan menghidupkan pompa air dengan tekanan besar untuk dapat menjangkau jarak jauh.
2. Untuk pemilihan sensor dapat dilakukan sensor dengan penginderaan dengan jarak jauh sehingga memberikan kemudahan dalam peringatan lebih dini.

Daftar Pustaka

1. <http://www.walhi.or.id/2017/07/27/kebakaran-hutan-dan-lahan-menolak-lupa-terhadap-kejahatan-korporasi/> diakses pada Tgl 3 Oktober 2017.
2. <https://nasional.tempo.co/read/876649/wiranto-upaya-penanggulangan-kebakaran-hutan-menuai-hasil> diakses pada Tgl 3 Oktober 2017.
3. Irwan chandra dwinata, dkk, 2016, Desain wireless sensor network dan webserver untuk pemetaan titik api pada kasus kebakaran hutan, Jurnal Teknik ITS vol.5 no.2 ISSN : 2337-3539 (hal 2301-9271) Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
4. Shaily R. Gandhi, Tarun P. Singh, 2014, Automatization of Forest Fire Detection Using Geospatial Technique, Open Journal of Forestry , 4, 302-309. <http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2014.44036>.
5. Jia Hua Zhang, ect, 2011, Detection, Emisi Estimation and risk prediction of forest fires in china using satelit sensors and simulation model in the past three decades, Int. J. Environ. Res. Public Health 2011, 8, 3156-3178; doi:10.3390/ijerph8083156.
6. Lukman Hakim, Vidi Yonatan, 2017, Deteksi Kebocoran gas LPG menggunakan Detektor Arduino dengan algoritma Fuzzy Logic Mandani, Jurnal Resti Vol 1 No.1 ISSN:2580-0760, <http://jurnal.iaii.or.id>.

7. Fithriani Matondang, dkk, Fuzzy Logic Metode Mamdani Untuk Membantu Diagnosa Dini Autism Spectrum Disorder, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
8. Tole Sutikno, dkk, 2006, Perancangan alat pendeteksi kebakaran berdasarkan suhu dan asap berbasis Mikrokontroler AT89S52, Jurnal Telkomnika Vol 4. No.1 hal.49-56, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
9. Dendy Handy Saputra, dkk, 2016, Pembuatan model pendeteksi api berbasis arduino uno dengan keluaran SMS gateway, Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016, volume v, e-ISSN: 2476-9398.
10. Verdy Yasin, (2012), Rekayasa Perangkat Lunak Berorientasi Objek, Mitra Wacana Media, Jakarta