

# Perancangan *Prototype* Pendeteksi Kebakaran Otomatis Dengan Sistem *Fuzzy* Berbasis IoT

Gading Sasongko<sup>1</sup>, Dwi Ana Ratna Wati<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia  
JKaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

<sup>1</sup>15524039@students.uii.ac.id

<sup>2</sup>dwi\_ana@uii.ac.id

**Abstrak**— Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbanyak ke-4 di dunia. Dengan kondisi ini akan membuat bertambahnya kemungkinan terjadinya bencana akibat kepadatan penduduk yaitu salah satunya bencana kebakaran. Di DKI Jakarta pada tahun 2018 di bulan Januari hingga Juni tercatat terdapat 300 lebih bangunan terbakar dengan kerugian mencapai 500 miliar rupiah. Maka dari itu sistem pendeteksi kebakaran otomatis berbasis IoT diperlukan guna pemberitahuan adanya sebuah indikasi kebakaran dapat diketahui lebih cepat walaupun pemilik rumah sedang tidak berada di rumah. Dalam perancangan sistem ini digunakan 3 buah sensor yaitu sensor Temperature, sensor gas, dan sensor api. Setiap sensor ini akan memonitoring kondisi di lingkungan sekitarnya dan nantinya kesimpulan dari level kebakaran akan dilakukan oleh sistem *fuzzy*. Apabila ada indikasi terjadinya kebakaran maka sistem akan mengirimkan *e-mail* dan menghidupkan *buzzer*. Selain itu juga, kondisi semua sensor dapat dimonitor melalui *web server thingspeak*. Hasil uji coba menunjukan sistem ini dapat memonitor kondisi disekitarnya dengan benar serta penarikan kesimpulan level kebakaran oleh sistem *fuzzy* telah sesuai dengan kondisi *real time*. Jarak yang diperlukan sistem untuk dapat mendeteksi kebakaran terhitung dekat dikarenakan sensor yang digunakan masih *prototype* dan uji coba dilakukan di luar ruangan sehingga banyak faktor yang mempengaruhi jarak pengukuran sistem ini.

**Kata kunci**—Sistem Fuzzy; Internet of Things ;Pendeteksi kebakaran otomatis

## I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara dengan populasi terpadat di dunia ke-4 setelah China, India, dan Amerika Serikat. Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Nasional [1], jumlah penduduk Indonesia sendiri pada tahun 2015 sampai dengan 2020 berjumlah sebesar 255.461.700 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,19 . Dengan jumlah penduduk yang semakin meningkat ini mengakibatkan kebutuhan primer berupa papan pada setiap diri individu masyarakat akan semakin meningkat juga dan hal ini dapat menimbulkan sebuah permukiman yang padat penduduk yang membuat rumah antar rumah yang lainnya saling berhimpitan. Salah satu masalah yang dialami pada suatu permukiman yang padat penduduk ini adalah bencana kebakaran.

Bencana kebakaran sendiri jika dilihat dari penyebab terjadinya maka tergolong dalam bencana alam atau *natural disaster* yang mana bencana kebakaran ini diakibatkan oleh kejadian alam semisalnya petir, kekeringan, gempa bumi, maupun meletusnya gunung berapi. Bencana kebakaran selain digolongkan kedalam bencana alam atau *natural disaster* juga dapat digolongkan kedalam bencana non-alam atau *man-made disaster* dengan penyebabnya berupa kebocoran gas puntung rokok, maupun arus pendek listrik [2]. Dari hasil rekapitulasi bencana kebakaran permukiman penduduk yang dibuat oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah provinsi DKI Jakarta pada tahun 2018 dari mulai bulan Januari hingga bulan Juni tercatat bahwa terdapat sekitar 302 buah bangunan yang terbakar dengan berbagai penyebab. Selain menimbulkan korban jiwa, bencana kebakaran juga menimbulkan kerugian materil, yang mana menurut sumber dari BPBD DKI Jakarta lebih dari 500 miliar jumlah kerugian materil akibat terjadinya bencana kebakaran ini [3].

Dengan semakin majunya teknologi yang diciptakan oleh manusia, semua peralatan atau semua sistem akan berjalan secara otomatis dan dapat dikontrol dan dimonitoring dimana saja. Maka dari itu pada penelitian ini, penulis akan membuat sebuah sistem pendeteksi otomatis dengan menggunakan sistem *fuzzy* serta menggunakan konsep *Internet of Things* sehingga kondisi pendeteksian terhadap sebuah kebakaran dapat dilakukan secara otomatis dan kondisi rumah dapat dipantau walaupun pemilik rumah sedang tidak berada ditempat. Manfaat dari penelitian ini menghasilkan sebuah *prototype* pendeteksi kebakaran secara otomatis dengan menggunakan sistem *fuzzy* yang dapat dimonitoring dimana saja.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Studi Literature

Studi tentang pendeteksi kebakaran otomatis ini pernah dilakukan oleh Simone Kruger, Tina Raspe, dkk [4] yang mana studi ini membuat sebuah sistem pendeteksi kebakaran dini dengan mengukur nilai gas hidrogen yang berada diudara sekitar. Penelitian ini membandingkan sistem pendeteksi kebakaran yang menggunakan gas CO dan *smoke* sebagai indikasi kebakarannya. Peneliti menguji coba sistem di 2 buah ruangan yang mana disetiap ruangan dipasang *smoke*

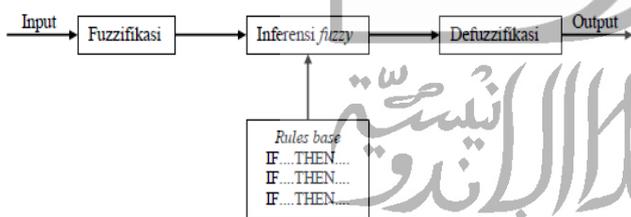
*detector*, CO *detector*, serta H<sub>2</sub> *detector* kemudian sebuah kondisi kebakaran akan disimulasikan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa CO *detector* akan lebih cepat mendeteksi sebuah kebakaran dibanding dengan CO *detector* dan *smoke detector* yang digunakan pada penelitian ini. Namun pada penelitian ini hanya menggunakan *single sensor* sehingga pembacaan sebuah kondisi kebakaran tidak akan maksimal.

Wen Hui Dong, Li Wang, Ghuang Zhi Yu, dan Zi Bin Mei [5] melakukan sebuah penelitian yang mana mereka mendesain sebuah pendeteksi kebakaran otomatis dengan menggunakan *wireless sensor network*. Dalam komunikasinya sendiri menggunakan 2.4G *wireless networking technology*. Pada jurnal ini juga dijelaskan aplikasi pendeteksi kebakaran otomatis dengan *wireless sensor network* pada bangunan yang luas dan bangunan yang kecil. Dalam komunikasinya sendiri menggunakan 2.4G *wireless networking technology*. Pada jurnal ini juga dijelaskan aplikasi pendeteksi kebakaran otomatis dengan *wireless sensor network* pada bangunan yang luas dan bangunan yang kecil.

Kunal Kumar, Navneet Sen, Sheikh Azid, dan Utkal Mehta [6] melakukan studi menggunakan *fuzzy logic controller* pada pendeteksi kebakaran otomatis. Design sistem yang dirancang menggunakan 3 buah input yang berupa sensor PIR yang mana sensor ini untuk mengetahui apabila ada perubahan panas pada manusia atau lingkungan, yang kedua adalah sensor gas untuk mengukur kadar gas CO yang ada pada suatu ruangan, dan yang ketiga adalah sensor *temperature*. Namun pada penelitian ini hanya membahas sistem *fuzzy* saja dan pada penelitian ini tidak menggunakan sensor deteksi api untuk sebuah sistem pendeteksi kebakaran yang mana hal ini akan membuat pendeteksian kebakaran akan tidak optimal.

### B. Sistem Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan sebuah sistem yang meniru cara berfikir manusia yang biasanya lebih sering menggunakan ‘pendekatan’ dan bukan ‘eksak’. Pada sistem *fuzzy* terdiri terdapat beberapa tahapan yaitu *fuzzifikasi*, *inferensi fuzzy*, dan *defuzzifikasi*.



Gambar 1 Sistem Fuzzy

*Fuzzifikasi* mendefinisikan input berupa nilai tegas menjadi derajat keanggotaan dari setiap *membership function*. Pada sistem *fuzzy* sendiri setiap nilai variable linguistik dinyatakan dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Maka dari itu, beberapa bentuk dari himpunan *fuzzy* digunakan sesuai dengan kebutuhan dan bentuk-bentuk himpunan *fuzzy*.

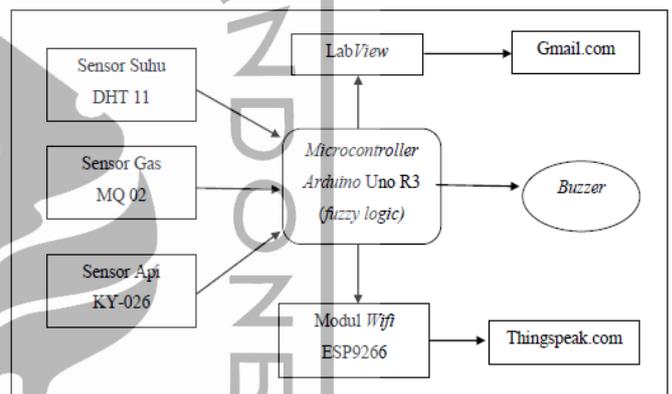
*Inferensi fuzzy* merupakan aturan pada sistem *fuzzy* dituliskan dengan kumpulan aturan IF-THEN yang mana menjadi konsekuensi dan antasedannya adalah variabel linguistik. Kumpulan aturan ini mendeklarasikan semua kejadian atau situasi yang mungkin terjadi maka dari itu aturan IF-THEN ini merupakan hubungan antara masukan dan keluaran dari sistem.

*Defuzzifikasi* adalah pemetaan suatu himpunan *fuzzy* menjadi himpunan tegas, yang mana himpunan *fuzzy* yang dipetakan merupakan *output* dari *inferensi fuzzy* sehingga keluaran dari sistem *fuzzy* nanti berupa himpunan tegas. Dalam melakukan pemetaan dari himpunan *fuzzy* menjadi himpunan tegas.

## III. METODE PENELITIAN

### A. Perancangan sistem secara umum

Pada bagian ini berisi mengenai perancangan perangkat keras pada pendeteksi kebakaran otomatis dan berikut adalah blok diagram mengenai perangkat keras pada pendeteksi kebakaran otomatis yang sedang dirancang

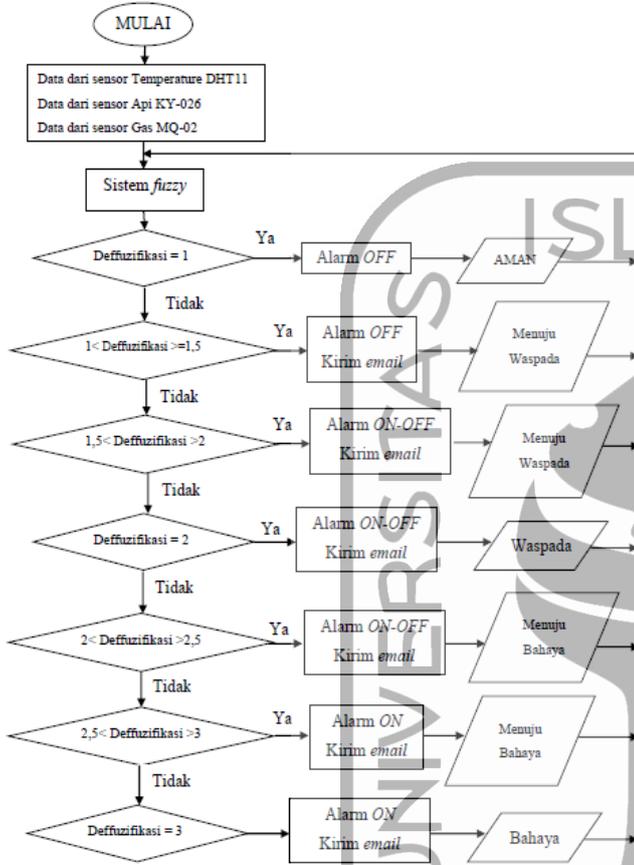


Gambar 2 Perancangan *prototype* pendeteksi kebakaran secara umum

Di Gambar 3 terlihat sistem terdiri dari 3 buah sensor yaitu sensor *temperature*, sensor gas, dan sensor deteksi api. Sensor ini sebagai masukan dari sistem yang mana nilai dari masing-masing sensor akan masuk ke *Arduino UNO* dan kemudian diolah. Di *Arduino UNO* terdapat beberapa program yaitu diantaranya program sistem *fuzzy*, program ESP8266, serta program kirim serial ke LabVIEW. Setelah data diolah di *Arduino UNO* maka data akan dikirimkan ke LabVIEW guna mengirimkan sebuah *e-mail* ke *user* apabila terdeteksinya sebuah kebakaran. Selain dikirimkan ke LabVIEW data dari *Arduino UNO* juga dikirimkan ke *web server* Thingspeak.com dengan menggunakan modul *wifi* yaitu ESP8266 dan nantinya kondisi rumah dapat dimonitor melalui Thingspeak. Jika sistem pendeteksi kebakaran otomatis ini mendeteksi adanya sebuah kondisi kebakaran maka sistem akan menghidupkan *buzzer* sebagai tanda kepada *user* jika sedang terjadi kondisi kebakaran di lingkungan disekitar sensor.

### B. Perancangan *software* pendeteksi kebakaran otomatis

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana perangkat lunak dirancang agar pendeteksi kebakaran otomatis dapat berjalan sesuai dengan fungsinya itu sendiri. Pada bagian ini juga akan dilihat alur program yang akan dituliskan dari mulai pengolahan data keluaran dari sensor yang akan menjadi masukan ke sistem pendeteksi kebakaran otomatis sampai dengan sistem dapat mendeteksi kebakaran pada suatu ruangan. Pada penelitian ini program-program dibuat menggunakan perangkat lunak *Arduino IDE* serta *LabVIEW*.



Gambar 3 Diagram alir perancangan *software* pendeteksi kebakaran otomatis

Pada Gambar 3 ditunjukkan diagram alir dari perancangan *software* dari sistem yang dirancang. Saat sistem dihidupkan maka sistem akan langsung mengambil nilai *temperature*, gas CO, dan kondisi api disekitar sensor. Saat nilai dari ketiga indikator tersebut sudah didapatkan oleh sistem maka selanjutnya nilai-nilai tersebut akan diproses di blok sistem *fuzzy* dengan tahapan-tahapan seperti pada Gambar 1. Keluaran dari sistem *fuzzy* ini berupa nilai *defuzzifikasi* yang mana rentang nilai dari *defuzzifikasi* ini mulai dari 1 sampai dengan 3. Setiap perubahan nilai dari *defuzzifikasi* ini akan membuat respon sistem yang berbeda juga.

### C. Kalibrasi sensor MQ-02

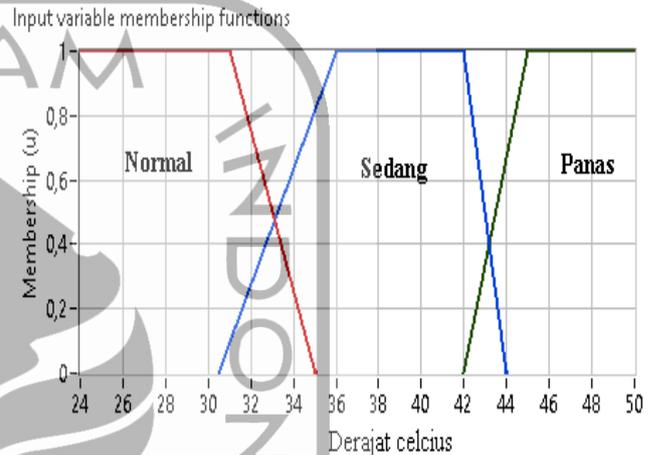
Kalibrasi sensor MQ-02 dilakukan dikarenakan MQ-02 memiliki nilai keluaran berupa nilai analog sehingga untuk

mengubah ke dalam bentuk standar dari konsentrasi gas yaitu PPM diperlukan pengkalibrasian nilai. Persamaan 1 digunakan untuk mengkalibrasi sensor MQ-02 ini .

$$X = 10^{\left(\frac{\log\left(\frac{R_S}{R_0}\right) - y_1}{m} + x_1\right)} \quad (1)$$

### D. Perancangan sistem *fuzzy*

Pada tahap ini sistem *fuzzy* yang sesuai dengan sistem pendeteksi kebakaran otomatis ini dirancang. Dalam perancangan sistem *fuzzy*, himpunan *fuzzy* harus dibuat terlebih dahulu dan bentuk dari himpunan *fuzzy* harus sesuai dengan sistem yang sedang dirancang. Himpunan *fuzzy* pada sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut :



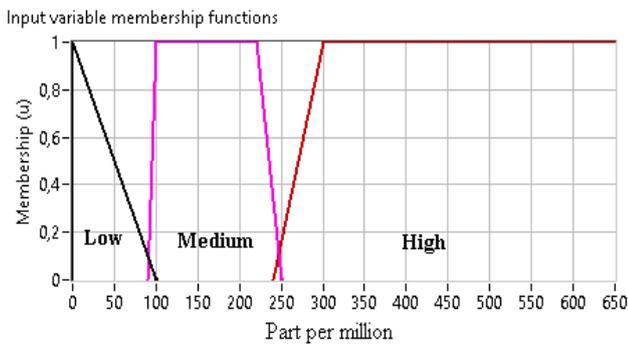
Gambar 4 Variabel *input* temperature

$$Normal = \begin{cases} 1, & x \leq 31 \\ \frac{35 - x}{4}, & 31 \leq x \leq 35 \\ 0, & x \geq 35 \end{cases} \quad (2)$$

$$Sedang = \begin{cases} 0, & x \leq 30,5 \\ \frac{44 - x}{2}, & 30,5 \leq x \leq 44 \\ 1, & x \geq 44 \end{cases} \quad (3)$$

$$Panas = \begin{cases} 0, & x \leq 42 \\ \frac{x - 42}{3}, & 42 \leq x \leq 45 \\ 1, & x \geq 45 \end{cases} \quad (4)$$

Persamaan 2, Persamaan 3, dan Persamaan 4 merupakan penjabaran dari nilai-nilai pada Gambar 4.



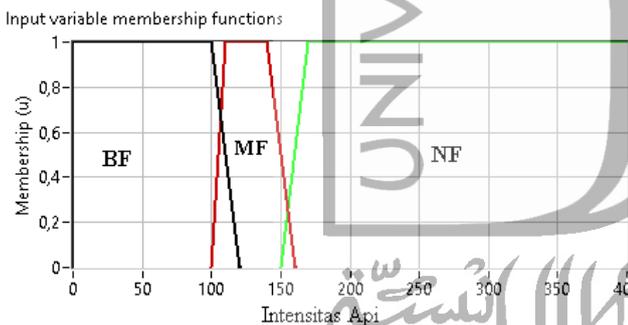
Gambar 5 Variabel *Input* Gas

$$Low = \begin{cases} 1, & x \leq 0 \\ \frac{100 - x}{100}, & 0 \leq x \leq 100 \\ 0, & x \geq 100 \end{cases} \quad (5)$$

$$Medium = \begin{cases} 1, & 100 \leq x \leq 220 \\ \frac{250 - x}{30}, & 220 \leq x \leq 250 \\ \frac{x - 90}{10}, & 90 \leq x \leq 100 \\ 0, & x \geq 250 \text{ dan } x \leq 90 \end{cases} \quad (6)$$

$$High = \begin{cases} 1, & x \geq 300 \\ \frac{x - 240}{60}, & 240 \leq x \leq 300 \\ 0, & x \leq 240 \end{cases} \quad (7)$$

Persamaan 5, Persamaan 6, dan Persamaan 7 merupakan penjabaran dari nilai-nilai pada Gambar 5.



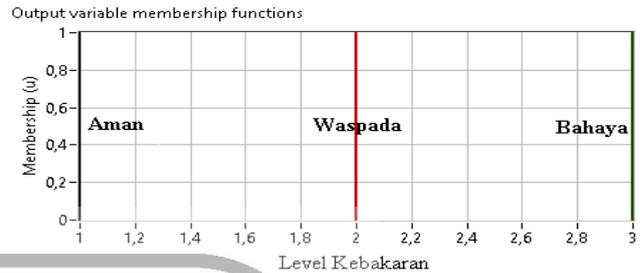
Gambar 6 Variabel *input* Intensitas api

$$No Fire = \begin{cases} 1, & x \geq 170 \\ \frac{x - 150}{20}, & 150 \leq x \leq 170 \\ 0, & x \leq 150 \end{cases} \quad (8)$$

$$Medium Fire = \begin{cases} 1, & 110 \leq x \leq 140 \\ \frac{160 - x}{20}, & 140 \leq x \leq 160 \\ \frac{x - 100}{10}, & 100 \leq x \leq 110 \\ 0, & x \geq 160 \text{ dan } x \leq 100 \end{cases} \quad (9)$$

$$Big Fire = \begin{cases} 1, & x \leq 100 \\ \frac{120 - x}{20}, & 100 \leq x \leq 120 \\ 0, & x \geq 120 \end{cases} \quad (10)$$

Persamaan 5, Persamaan 6, dan Persamaan 7 merupakan penjabaran dari nilai-nilai pada Gambar 5.



Gambar 7 Variabel *output* dari sistem fuzzy

Setelah semua variabel pada sistem dibuat himpunan fuzzy nya maka selanjutnya adalah membuat *rules*. *Rules* ini menggambarkan kemungkinan-kemungkinan yang terjadi pada sebuah kondisi kebakaran. Pada sistem ini terdapat 3 buah variabel *input* dengan masing-masing variabel *input* memiliki 3 buah variabel linguistik sehingga *rules* yang dibuat berjumlah 27 *rules*.

Tahapan akhir dari perancangan sistem fuzzy yaitu membuat defuzzifikasi yang mana pada sistem ini digunakan metode *center of maximum* (COM) dengan persamaan sebagai berikut :

$$x_{final} = \frac{(x_1\mu_1 + x_2\mu_2 + \dots + x_n\mu_n)}{(\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n)} \quad (10)$$

#### IV. HASIL DAN ANALISIS

##### A. Uji coba simulasi sistem non-fuzzy

Pada uji coba simulasi pertama yang dilakukan oleh penulis ini, penulis melakukan uji coba terhadap sistem pendeteksi kebakaran otomatis non-fuzzy yang sudah dibuat oleh penulis. Uji coba ini dilakukan untuk melihat bagaimana respon dari sistem pendeteksi kebakaran otomatis non-fuzzy. Uji coba ini dilakukan dengan cara mensimulasikan semua kemungkinan yang mungkin terjadi dengan masing-masing tiga variasi data yang berbeda disetiap kemungkinannya.

Pembagian data menggunakan himpunan tegas menyebabkan "nilai output" menghasilkan nilai 1 semua disetiap kemungkinannya, hal ini dikarenakan pada himpunan tegas setiap nilai nya memiliki posisi yang sama selama nilai-nilai tersebut masih di dalam variabel yang sama sehingga berapapun nilainya apabila masih dalam satu variabel yang sama sistem akan mengeluarkan nilai keluaran yang sama

juga. Hal ini lah yang akan membedakan sistem *non-fuzzy* dengan sistem *fuzzy*.

### B. Uji coba simulasi sistem *fuzzy*

Pada bagian ini penulis akan menunjukkan hasil uji coba sistem pendeteksi kebakaran otomatis dengan *fuzzy* yang sudah dirancang sebelumnya. Semua data yang digunakan dalam uji coba pada bagian ini masih sama dengan data untuk uji coba sebelumnya yang mana data ini berjumlah 81 varian data. Nilai *output* dari sistem yang menggunakan *fuzzy* (nilai *defuzzifikasi*) berkisar antara 1 sampai dengan 3 dengan setiap perubahannya akan menghasilkan keluaran sistem yang berbeda-beda sehingga hal ini akan membuat sistem dapat berfikir layaknya pemikiran manusia dengan tidak hanya mendeteksi 0 atau 1 saja seperti sistem yang tanpa menggunakan sistem *fuzzy*.

### C. Uji coba *real time* sistem *fuzzy* dengan menggunakan IoT

Uji coba ini dilakukan untuk menguji kemampuan sistem dalam menentukan kondisi disekitarnya dengan cara membuat beberapa kondisi yang mungkin terjadi. Dari uji coba ini didapatkan beberapa hasil yang mana hasil tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Hasil uji coba *real time* sistem *fuzzy* dengan menggunakan IoT

Waktu uji coba	Nilai <i>temperature</i>	Nilai Gas CO	Nilai Kondisi api	Level Kebakaran
Sabtu, 20 Juli 2019 06:05:20 WIB	29°C	0 ppm	427	AMAN
Sabtu, 20 Juli 2019 05:55:59 WIB	40°C	0 ppm	236	WASPADA
Sabtu, 20 Juli 2019 05:57:40 WIB	52°C	0 ppm	291	BAHAYA
Rabu, 17 Juli 2019 05:40:25 WIB	24°C	0 ppm	795	AMAN
Rabu, 17 Juli 2019 05:25:52 WIB	19°C	96 ppm	517	WASPADA
Rabu, 17 Juli 2019 05:55:59 WIB	24°C	791 ppm	801	BAHAYA
Sabtu, 20 Juli 2019 05:15:25 WIB	20°C	0 ppm	800	AMAN

Sabtu, 20 Juli 2019 05:21:18 WIB	24°C	0 ppm	137	WASPADA
Senin, 22 Juli 2019 06:10:36 WIB	27°C	0 ppm	84	BAHAYA

Hasil uji coba pada Tabel 1 didapatkan dengan cara membuat beberapa kondisi kebakaran sehingga hasil yang didapatkan dari uji coba ini bervariasi. Dari Tabel 1 ini juga dapat dilihat bahwa sistem pendeteksi kebakaran otomatis yang diuji coba secara *real time* sudah dapat menentukan kondisi disekitarnya sudah sesuai dengan sistem *fuzzy* yang sudah didesain sebelumnya.

### D. Uji coba sistem dengan variasi jarak pengukuran

Pada tahap ini dilakukan pengujian jarak pembacaan sistem pada suatu kondisi kebakaran. uji coba ini dilakukan di ruang terbuka dengan cara mengukur setiap faktor yang dapat mengindikasikan terjadinya sebuah kebakaran yaitu gas, *temperature*, dan kondisi api. Setiap sensor akan dilakukan uji coba ini sehingga akan diketahui berapa jarak yang diperlukan guna sensor yang digunakan dapat membaca kondisi lingkungan secara tepat.

Tabel 2 Hasil uji coba jarak pengukuran sistem terhadap sumber kebakaran

Sensor	Jarak dari kebakaran	Peletakan sensor	Keterangan
DHT11	1 meter <	Sensor diletakan secara horizontal terhadap kondisi kebakaran	Sensor tidak bisa membaca kondisi kebakaran disekitarnya
	1 meter >		Sensor dapat membaca nilai <i>temperature</i> disekitar sebagai sebuah kondisi kebakaran
MQ-02	2 meter <	Sensor diletakan secara vertikal terhadap kondisi kebakaran	Sensor tidak bisa membaca nilai gas CO
	2 meter >		Sensor dapat membaca nilai gas CO
KY-026	1,5 meter <	Sensor diletakan disekitar sumber kebakaran	Pembacaan nilai kondisi api kurang maksimal
	1,5 meter >		Sensor dapat membaca nilai kondisi apa saat kebakaran

Pada Tabel 2 pengukuran sensor DHT11 ini dilakukan dengan memposisikan sensor secara horizontal terhadap sumber kebakaran dengan jarak pembacaan lebih dari 1 meter dan kurang dari 1 meter. Pada uji coba ini, sensor DHT11 tidak bisa membaca nilai sensor lebih dari 1 meter dikarenakan uji coba dilakukan di ruang terbuka sehingga apabila jarak sensor lebih dari 1 meter maka nilai *temperature* yang akan dibaca adalah nilai *temperature* udara luar bukan *temperature* dari kondisi kebakaran yang disimulasikan. Pengukuran sensor MQ-02 dilakukan dengan cara memposisikan sensor secara vertikal terhadap kondisi kebakaran hal ini dilakukan dikarenakan gas CO memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan udara disekitarnya sehingga membuat pergerakan gas CO ke atas. Sensor MQ-02 ini pengukurannya tidak akan maksimal jika jaraknya lebih dari 2 meter dikarenakan konsentrasi gas CO yang diukur sudah tidak pekat disebabkan uji coba dilakukan diluar ruangan. Sensor KY-026 diujicobakan dengan memposisikan sensor disekitar kondisi kebakaran, jika sensor diposisikan lebih dari 1,5 meter maka sensor ini tidak maksimal dalam membaca nilai kondisi api pada suatu kondisi kebakaran dikarenakan sensor ini hanya sebagai *prototype*.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari uji coba yang telah dilakukan penulis didapatkan bahwa sistem pendeteksi kebakaran otomatis dapat mendeteksi kondisi disekitarnya dengan tepat dan juga penggunaan sistem *fuzzy* pada sistem ini dapat menghindari keliruan dalam penarikan kesimpulan tentang level kebakaran pada kondisi tertentu. Jarak yang dibutuhkan sistem dalam mendeteksi sebuah kebakaran terbilang dekat dikarenakan uji coba dilakukan di ruang terbuka sehingga

kondisi luar ruangan seperti *temperature* luar, sinar matahari, serta angin akan sangat mempengaruhi jarak pengujian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, "Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035," 2016.
- [2] Pemerintah Republik Indonesia, Undang-Undang RI Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana
- [3] Badan Penanggulangan Bencana, "Data Rekapitulasi Kebakaran di DKI Jakarta 2018," [Online] Available : <http://data.jakarta.go.id/dataset/data-rekapitulasi-kejadian-kebakaran-bulanan-di-provinsi-dki-jakarta-tahun-2018>, 2018.
- [4] S. Krüger, M. Despinasse, T. Raspe, K. Nörthemann, and W. Moritz, "Early fire detection : Are hydrogen sensors able to detect pyrolysis of house hold materials ?," *Fire Saf. J.*, no. February, pp. 1–9, 2017.
- [5] W. H. Dong, L. Wang, G. Z. Yu, and Z. Bin Mei, "Design of Wireless Automatic Pendeteksi kebakaran otomatis System," *Procedia Eng.*, vol. 135, pp. 412–416, 2016.
- [6] K. Kumar, N. Sen, S. Azid, and U. Mehta, "A Fuzzy Decision in Smart Fire and Home Security System," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 105, no. December 2016, pp. 93–98, 2017.

الجمعة الإسلامية الأندلسية