



Rancang Bangun Kontrol Pemadam Kebakaran Menggunakan Sensor MQ-2 dan Flame Sensor 5 Channel Berbasis *Fuzzy Logic*

Ardin Fajar Tri Admaja¹, Edi Kurniawan², Dian Junita Arisusanty³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Abstract. *Fire is an event that often occurs due to human negligence. Losses from fire include damage to goods, business delays and can even cause loss of life. For early handling of fires, a "Fire Fighting Control Design Using MQ-2 Sensor and Fuzzy Logic Based 5 Channel Flame Sensor" has been created. This tool uses the MQ-2 sensor to detect gases related to fires, such as hydrocarbon gas. A 5 channel flame sensor is used to detect flames. The predetermined fuzzy logic rules will be used to control the fire extinguisher and implemented using the Arduino Atmega 2560 microcontroller as the brain of the system. Next, the microcontroller will send a control signal to the 12V DC pump output as a water spray system to deal with fires. The test results of this system show that the tool can detect early fire hotspots and respond well to fire extinguishing according to the fuzzy rule decisions carried out by testing the tool with 30 fire spots at different distances.*

Keywords: *Fire, Arduino Atmega 2560, 5 channel flame sensor, MQ-2 sensor, fuzzy logic.*

Abstrak. Kebakaran adalah peristiwa yang banyak terjadi disebabkan oleh kelalaian manusia, kerugian dari kebakaran diantaranya kerusakan barang, terhambatnya usaha dan bahkan dapat menyebabkan korban jiwa. Untuk penanganan dini adanya kebakaran telah dibuat "Rancang Bangun Kontrol Pemadam Kebakaran Menggunakan Sensor MQ-2 dan *Flame Sensor 5 Channel* Berbasis *Fuzzy Logic*". Alat ini menggunakan Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi gas-gas yang terkait dengan kebakaran, seperti gas hidrokarbon. *Flame sensor 5 channel* digunakan untuk mendeteksi nyala api. Aturan *fuzzy logic* yang telah ditentukan akan digunakan untuk mengendalikan pemadam kebakaran dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler Arduino Atmega 2560 sebagai otak sistem. Selanjutnya, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal kontrol ke *output* pompa DC 12V sebagai sistem penyemprot air untuk mengatasi kebakaran. Hasil pengujian sistem ini menunjukkan bahwa alat dapat mendeteksi dini adanya titik api dan respon pemadaman titik api dengan baik sesuai keputusan aturan *fuzzy* yang dilakukan pengujian alat dengan 30 titik api dengan jarak berbeda-beda.

Kata kunci: Kebakaran, Arduino Atmega 2560, *flame sensor 5 channel*, sensor MQ-2, *fuzzy logic*.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan peristiwa yang dapat disebabkan oleh kesalahan manusia. Kerugian dari kebakaran diantaranya kerusakan barang, rumah, terhambatnya usaha dan bahkan dapat menyebabkan korban jiwa (Setiani, 2015). Kebakaran dibagi menjadi 3 kelas, yaitu kelas A, B, dan C. kebakaran jenis A disebabkan oleh kertas, karet, kayu, plastic dsb. Kebakaran B disebabkan oleh cairan yang mudah untuk terbakar seperti spritus, bensin, solar, minyak tanah dan kebakaran jenis C disebabkan oleh saluran listrik (Saberindo, 2017).

Tanda-tanda terjadinya kebakaran adalah dengan munculnya nyala api pada lokasi kebakaran. Kebakaran disebabkan oleh berbagai faktor seperti kebocoran bahan bakar, malfungsi pada sistem kelistrikan kapal, sistem pencegah kebakaran yang rusak, dan kelalaian manusia. Terjadinya kebakaran dapat dipadamkan jika terdeteksi tepat waktu. Kebakaran sering terjadi pada interior atau koridor kapal karena kurangnya pemantauan dan deteksi dini

adanya asap. Keterbatasan alat pemadam kebakaran di kapal juga mempengaruhi kondisi api yang menjadi pemicu kebakaran. Ketika api telah menyebar dan keluar asap hitam, akan terjadi kebakaran yang menimbulkan korban jiwa yang serius. Kebakaran di kapal menyebabkan kerusakan dan korban jiwa yang besar. Oleh karena itu, *International Maritime Organization* (IMO) telah menerbitkan beberapa aturan yang bertujuan untuk memastikan keselamatan operasi kapal dan pencegahan polusi, termasuk SOLAS 74 (Keselamatan Kehidupan di Laut) II-2 yang mengatur tentang pencegahan kebakaran, deteksi kebakaran, pemadaman kebakaran dan berisi peraturan tentang sekat tahan api, sistem deteksi kebakaran dan peralatan pemadam kebakaran untuk berbagai jenis dan jumlah kapal.

Kebakaran juga banyak terjadi di kapal, contohnya kapal kargo Fortuner terjadi kebakaran di perairan Gresik yang diduga diakibatkan oleh korsleting pada mesin kapal (Purwodianto, 2023). Secara umum, masih kurangnya kesadaran akan pentingnya pencegahan dan penanggulangan dini terhadap bahaya kebakaran. Dalam mencegah situasi kebakaran di kapal, alarm kebakaran dan alat pemadam api ringan sering digunakan bersamaan dengan alat pemadam api manual atau sering disebut dengan Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Menggunakan alat pemadam kebakaran membutuhkan waktu dan upaya manusia untuk mencegah kebakaran. Terkadang, mengakses area yang terbakar dari kapal bisa jadi sulit. Koridor yang sempit, tangga yang curam, atau halangan lain dapat menghambat proses pemadaman kebakaran.

Untuk mengatasi permasalahan pencegahan terjadinya kebakaran diperlukan suatu inovasi untuk menggantikan pemadaman api secara manual yaitu menggagas rancang bangun pemadam kebakaran dengan menggunakan logika *fuzzy logic* untuk melindungi *crew* kapal dan harta benda dari bahaya kebakaran. Tujuan sistem kontrol pemadam kebakaran adalah untuk mendeteksi kebakaran, memberikan peringatan, dan mengaktifkan sistem pemadam kebakaran dengan cepat dan efisien.

Dalam sistem kontrol pemadam kebakaran, penggunaan logika *fuzzy* memiliki banyak keuntungan, salah satunya adalah kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan kondisi yang berubah-ubah. Sulit untuk memprediksi lingkungan kebakaran, yang seringkali tidak konsisten. Logika *fuzzy* memungkinkan sistem untuk memberikan tingkat pemadaman yang tepat dan beradaptasi dengan perubahan kondisi.

Logika *fuzzy* dapat digunakan oleh sistem kontrol pemadam kebakaran untuk meningkatkan efektivitas dan akurasi pembakaran serta mengurangi kemungkinan kesalahan manusia. Hal ini dapat menyelamatkan kehidupan manusia dan mengurangi kerugian akibat kebakaran. Berdasarkan uraian di atas dilakukan penelitian dengan mengambil judul Rancang

Bangun Kontrol Pemadam Kebakaran Menggunakan Sensor MQ-2 dan *Flame Sensor 5 Channel* Berbasis *Fuzzy Logic*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Arduino ATmega 2560

Arduino adalah papan elektronik berbasis *mikrokontroler* atau *open source* yang komponen utamanya berupa *chip* mikrokontroler tipe Atmel AVR (Yuhardiansyah, 2016). Mikrokontroler sendiri merupakan sebuah *chip* atau *IC (integrated circuit)* yang dapat diprogram oleh komputer. Tujuan penyematan program ke dalam mikrokontroler adalah agar sirkuit elektronik dapat membaca *input*, memprosesnya, dan kemudian menghasilkan *output* yang diinginkan. Jadi mikrokontroler berperan sebagai otak yang mengontrol proses *input* dan *output* dari rangkaian elektronik tersebut.

Flame Sensor 5 Channel

Sensor flame 5 saluran merupakan *sensor* api yang digunakan untuk mendeteksi sarang api dengan memanfaatkan lima buah penerima inframerah (IR) yang terdapat dalam modul sensor (Mudjiono, 2017). Sensor ini memiliki lima indikator LED (light emitting diode) yang berfungsi sebagai indikator pendeteksi.

Flame sensor 5 channel Juga disebut sebagai sensor yang mampu mendeteksi api dan mengubah representasinya menjadi besaran analog. Sensor ini berbeda dengan sensor panas. Parameter yang diukur oleh sensor api adalah suhu sedangkan suhu yang diukur oleh *flame sensor 5 channel* adalah panjang gelombang cahaya.

Pompa DC 12 Volt

Pompa adalah salah satu peralatan yang dipakai untuk mengubah energi mekanik (dari mesin penggerak pompa) menjadi energi tekan pada cairan yang dipompa. Pada umumnya pompa digunakan untuk memindahkan air dari suatu tempat ke tempat yang lain yang lebih tinggi tempatnya, ataupun tekananya (Irwansyah, 2013).

Pompa juga dikenal sebagai mesin atau alat mekanis yang digunakan untuk memindahkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi, atau untuk mengalihkan cairan dari area bertekanan rendah ke area bertekanan tinggi, serta untuk meningkatkan laju aliran dalam jaringan pipa. Ini dicapai dengan menciptakan tekanan rendah pada sisi masuk atau *suction* pompa dan tekanan tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa.

Sensor Asap MQ-2

Sensor MQ2 merupakan sebuah sensor yang dapat mendeteksi adanya polutan gas di udara, diantaranya adalah gas LPG, alkohol, asap, propana, hidrogen, metana, dan karbon monoksida, aplikasinya bisa diterapkan untuk mendeteksi kebocoran gas LPG dan asap untuk mencegah kebakaran (Suryana, 2021).

Sensor MQ-2 terdiri dari elemen pemanas dan sensor gas. Tujuan elemen pemanas adalah untuk memanaskan area penginderaan sensor untuk mencapai suhu operasi yang optimal. Elemen sensor gas terdiri dari lapisan yang peka terhadap gas yang disebutkan sebelumnya.

Driver Motor IRF520

Modul mosfet IRF520 memiliki *switching time* yang cepat, dimana perubahan keluaran daya dari *low* ke *high* dan sebaliknya terjadi dalam waktu singkat. Ini membuat modul mosfet IRF520 banyak digunakan untuk kontrol daya menggunakan PWM dari mikrokontroler seperti Arduino atau NodeMCU (Halawa, 2021).

Fitur utama dari modul MOSFET IRF520 ini adalah kemampuannya untuk mengendalikan beban dengan arus hingga 3 amper pada tegangan yang cukup tinggi. IRF520 sendiri adalah nama MOSFET yang terdapat pada modul ini, yang merupakan jenis MOSFET *N-channel* dengan kapasitas daya tinggi.

Relay 2 Channel

Relay adalah *output* yang dapat digunakan sebagai *switch* atau saklar untuk perangkat lain. Relay dikontrol dengan tegangan dari pin Arduino sehingga dapat melakukan *switch*. Terdapat 3 koneksi utama yaitu COM untuk *input* dari perangkat lain. NC (*Normaly Close*) pada keadaan biasa com akan terhubung ke pin NC. NO (*Normaly Open*) pada keadaan biasa tidak terhubung, namun saat relay mendapat tegangan dari Arduino maka COM akan berpindah dari NC dan terhubung dengan NO. (Roghib, 2018)

Relay ini memungkinkan agar kita mengendalikan beban yang lebih tinggi dengan mikrokontroler yang menggunakan tegangan dan daya rendah seperti Arduino. Penyalaan relay menggunakan aktuasi tegangan 5V pada bagian inputnya dan diberikan daya 5V agar relay mampu bekerja.

3. METODE PENELITIAN

Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem perangkat lunak ini menjelaskan rancangan sistem menggunakan metode *fuzzy* memerlukan beberapa proses agar sistem mendapatkan keputusan yang dihasilkan sesuai dengan perhitungan *fuzzy*. Proses-proses ini meliputi fuzzifikasi, implikasi, komposisi, dan defuzzifikasi. Sistem yang dibangun memiliki 2 jenis *input* yaitu data kadar asap dan data api di sekitar prototipe, dan *output* berupa durasi pompa. Informasi data api memiliki 4 fungsi keanggotaan yaitu dekat, cukup dekat, jauh dan tidak ada api. Informasi data asap memiliki 3 fungsi keanggotaan, yaitu tipis, sedang, dan tebal. Semua data *input* diperiksa nilai keanggotaan untuk menentukan grup *input*. Variabel *output* yaitu durasi pompa memiliki 4 fungsi keanggotaan yaitu mati, pelan, sedang dan kencang.

Ketika proses *fuzzyfikasi* selesai, akan dilanjutkan dengan proses implikasi metode *Min*. Proses ini dilakukan setelah menentukan nilai setiap derajat keanggotaan dari setiap parameter dan menentukan nilai minimum dari setiap *rule*. Dibentuk 7 himpunan *fuzzy* sebagai *input*, yaitu: tipis, sedang, tebal dan dekat, cukup dekat, jauh, tidak ada api. Ditambah *output* gabungan adalah 4 himpunan kondisi, yaitu: mati, pelan, sedang, kencang. Sistem *fuzzy* dibangun menggunakan pernyataan "*IF*" dan "*AND*", membuat pernyataan "*THEN*".

Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian "Rancang Bangun Kontrol Pemadam Kebakaran Menggunakan Sensor MQ-2 dan *Flame Sensor 5 Channel* Berbasis *Fuzzy Logic*" menjelaskan cara merancang prototipe sistem. Model ini memiliki *input* berupa sensor suhu sensor api 5 channel dan sensor asap MQ-2 serta diproses oleh mikrokontroler Arduino Atmega 2560 dan *output* berupa alarm dan kompresor air. Jika api terdeteksi, alarm peringatan akan berbunyi dan kompresor air menyala untuk memadamkan api.

Rencana Pengujian

Rencana pengujian adalah konsep pengujian alat yang dirancang untuk mengetahui masalah yang dihadapi dengan alat tersebut. Rencana pengujian yang dibuat pada penelitian ini menggunakan dua metode yaitu statis dan dinamis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

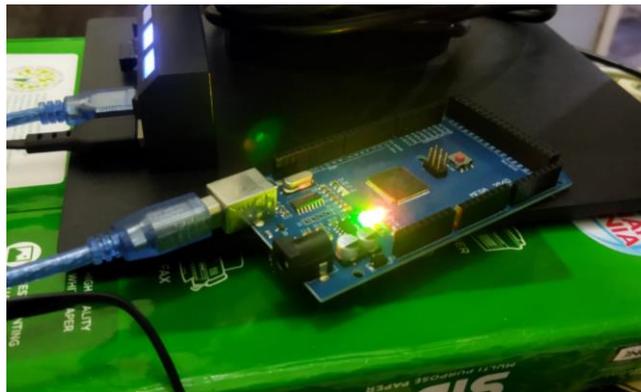
Hasil Pengujian

Pengujian Statis

Pada pembuatan dan pengembangan sistem alat, perlu dilakukan pengujian statis untuk mengetahui setiap komponen-komponen penting pada suatu sistem alat yang akan dirancang. Hal tersebut bertujuan untuk agar mengetahui karakteristik dari komponen yang akan digunakan, baik secara kinerja, performansi, ciri elektrik maupun cara kerja komponen alat yang digunakan dalam suatu sistem. Peralatan komponen yang akan diujikan antara lain : Arduino ATmega 2560, *flame sensor 5 channel*, sensor asap MQ-2, *driver mosfet IRF520N*, pompa DC 12V.

a. Pengujian Arduino ATmega 2560

Pengujian Arduino ATmega 2560 dilakukan dengan cara menghubungkan Arduino ATmega 2560 dengan kabel USB dan dihubungkan dengan laptop atau menggunakan sumber tegangan DC 12V.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 1. Pengujian Arduino ATmega

Gambar 1 menunjukkan kontroler Arduino ATmega2560 yang telah diuji dapat bekerja dengan baik yang diindikasikan dengan LED *power* dari Arduino menyala.

b. Pengujian *flame sensor 5 channel*

Pengujian *flame sensor 5 channel* dilakukan dengan cara menghubungkan *flame sensor 5 channel* dengan kontroler Arduino ATmega 2560 kemudian menggunakan lilin untuk mendapatkan titik api dan menampilkan nilai pembacaan *flame sensor 5 channel* pada layar serial monitor Arduino IDE.

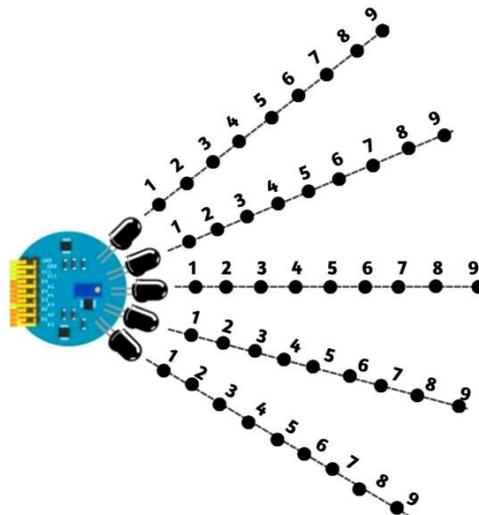


(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 2. Pengujian *Flame Sensor 5 Channel*

Pada gambar 2 terlihat bahwa *flame sensor 5 channel* berfungsi dengan baik karena setelah dihubungkan dengan kontroler Arduino ATmega 2560 dapat menampilkan nilai pembacaan *flame sensor 5 channel* dilayar serial monitor dengan baik.

Pengujian *flame sensor 5 channel* ini bertujuan untuk menguji sensitifitas sensor terhadap perubahan jarak dengan titik api dilakukan dengan pengujian berdasarkan jarak antara lilin dan *flame sensor 5 channel* dengan menggunakan 9 titik api mulai dari jarak 10 cm sampai dengan 50 cm dengan kenaikan sebesar 5 cm dari setiap *flame sensor* seperti pada gambar 4.3 dengan hasil pada tabel 1 dan grafik bacaan *flame sensor 5 channel* pada gambar 3.



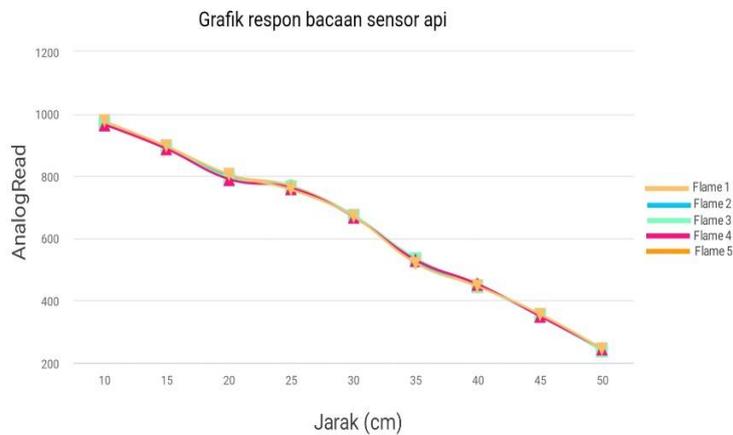
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 3. Pengujian Setiap *Flame Sensor*

Tabel 1. Hasil Respon Bacaan Flame Sensor 5

Jarak (cm)	Flame 1	Flame 2	Flame 3	Flame 4	Flame 5
10	981	978	985	981	979
15	974	953	965	967	953
20	798	803	869	795	812
25	768	768	669	768	669
30	672	667	658	659	660
35	525	536	528	525	526
40	449	442	451	460	458
45	353	353	346	353	346
50	240	235	239	240	239

(Sumber : Dokumen Pribadi)

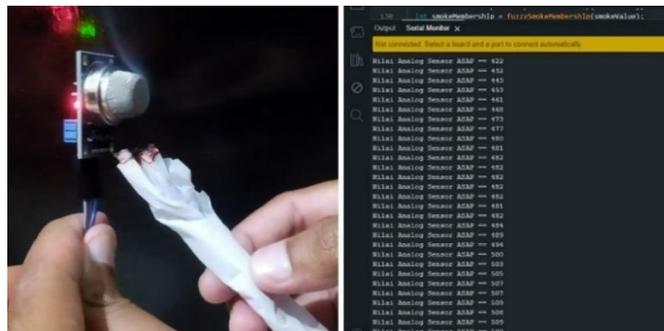


(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 4. Grafik Pembacaan Setiap Flame Sensor

c. Pengujian sensor asap MQ-2

Pengujian sensor MQ-2 dilakukan dengan cara dihubungkan dengan Arduino ATmega selanjutnya untuk mensimulasikan ketebalan asap menggunakan kertas yang kemudian dibakar untuk menghasilkan asap, hasil bacaan dari sensor MQ-2 akan ditampilkan pada serial monitor program Arduino IDE.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 4. Pengujian Sensor Asap MQ-2

Pada gambar 5 terlihat bahwa sensor MQ-2 dapat berfungsi dengan baik karena setelah dihubungkan dengan kontroler Arduino ATmega 2560 sensor MQ-2 dapat menampilkan nilai pembacaan sensor MQ-2 di serial monitor dengan baik.

d. Pengujian pompa DC 12 volt

Pengujian pompa DC 12V dilakukan dengan cara menghubungkan ke sumber tegangan 12V untuk mengetahui respon kerja dari mesin motor pompa air dengan mesin pompa dimasukkan ke dalam bak air yang berisikan air dengan ketinggian di atas lubang inlet dari motor pompa.



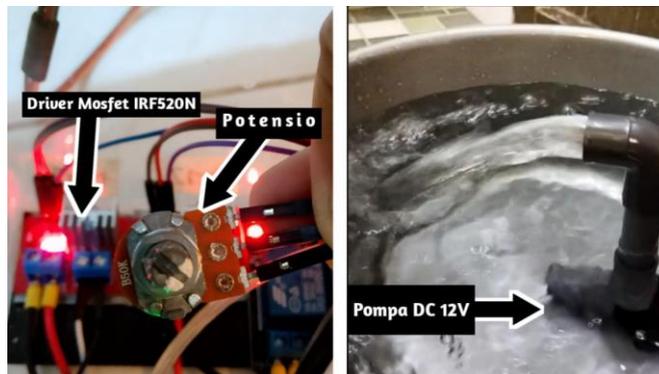
(Sumber: Dokumen pribadi)

Gambar 5. Pengujian Pompa Air

Pada gambar 6 terlihat bahwa pompa DC 12V berfungsi dengan baik karena setelah dihubungkan dengan sumber tegangan 12V pompa DC 12V dapat menyembrotkan air dengan baik.

e. Pengujian *driver* mosfet IRF520N

Pengujian *driver* mosfet IRF520N dilakukan dengan cara menghubungkan *driver* mosfet IRF520N dengan kontroler Arduino ATmega 2560 dan dilakukan pengontrolan pompa DC 12V secara manual menggunakan potensiometer.

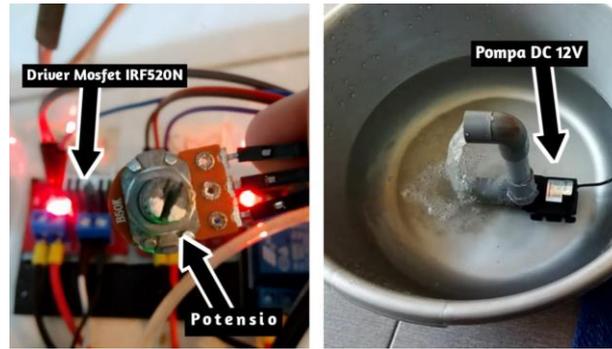


Kondisi Potensio

Kondisi Pompa

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 6. Pengujian *Driver* Mosfet IRF520N Pada Posisi Potensio 100%



Kondisi Potensio

Kondisi Pompa

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 7. Pengujian *Driver* Mosfet IRF520N Pada Posisi Potensio 20%

Pada gambar 7 dan gambar 8 terlihat bahwa *driver* mosfet IRF520N berfungsi dengan baik karena setelah dihubungkan dengan kontroler Arduino ATmega 2560 dan pompa DC 12V, *driver* mosfet IRF520N dapat mengontrol debit air pada pompa DC 12V dengan baik.

Pengujian *driver* mosfet IRF520N bertujuan untuk mengetahui keberhasilan sistem dalam menentukan *actuator* terhadap kondisi berdasarkan penentuan *fuzzy*. *Output* pembacaan nilai PWM *driver* mosfet IRF520N dapat di lihat melalui serial monitor pada Arduino IDE. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil pembacaan seperti pada tabel 2.

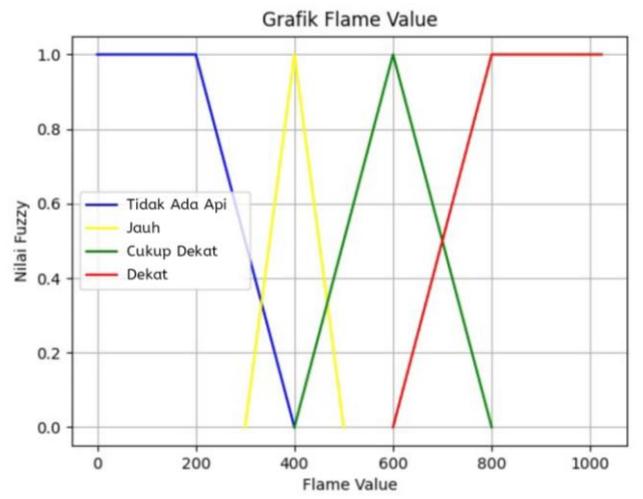
Tabel 2. Hasil Pengujian *Driver* Mosfet IRF520N

Kondisi Motor Pompa	Nilai PWM Arduino
mati	0
mati	16
mati	32
mati	48
mati	64
Pelan	80
Pelan	96
Pelan	112
Pelan	128
Pelan	144
Pelan	160
Sedang	176
Sedang	192
Sedang	208
Kencang	224
Kencang	240
Kencang	255

(Sumber: Dokumen Pribadi)

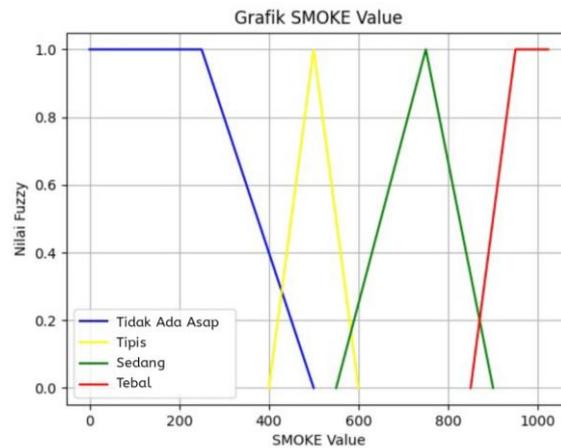
f. Pengujian *fuzzy logic* sistem alat

Perancangan *fuzzy logic* sistem alat menggunakan MATLAB untuk mengembangkan serta pengujian *fuzzy logic* dengan menginputkan nilai. Dengan cara tersebut, pengujian *rule* dan keselarasan *input-output* sistem *fuzzy logic* dapat diuji lebih cepat sebelum diimplementasikan secara pemrograman *software* pada Arduino ATmega 2560. Data pengujian diperoleh dari 3 *input fuzzy* yaitu nilai api (fungsi keanggotaan tidak ada api, jauh, cukup dekat, dekat), nilai asap (fungsi keanggotaan tidak ada asap, tipis, sedang, tebal) dan nilai kecepatan (fungsi keanggotaan pelan, sedang, cepat). Fungsi keanggotaan dari *input fuzzy logic* ditunjukkan pada gambar 4.9, gambar 9 dan gambar 10.



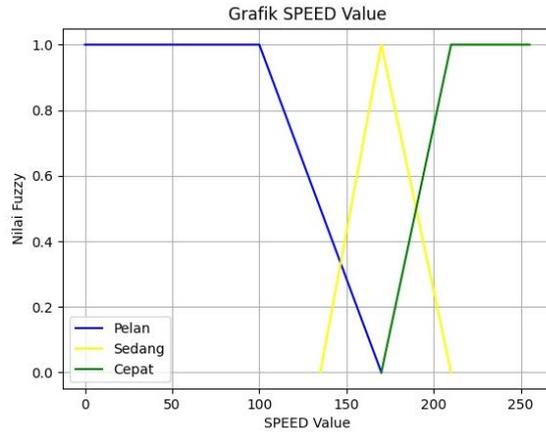
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 9. Membership Fuction Pada Api



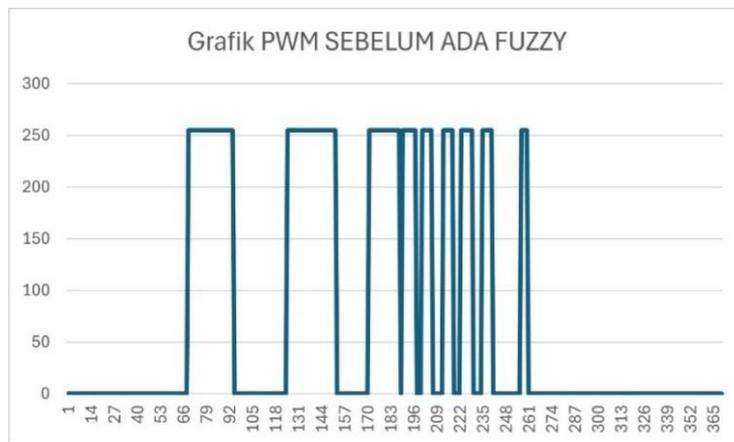
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 8. Membership Fuction Pada Asap



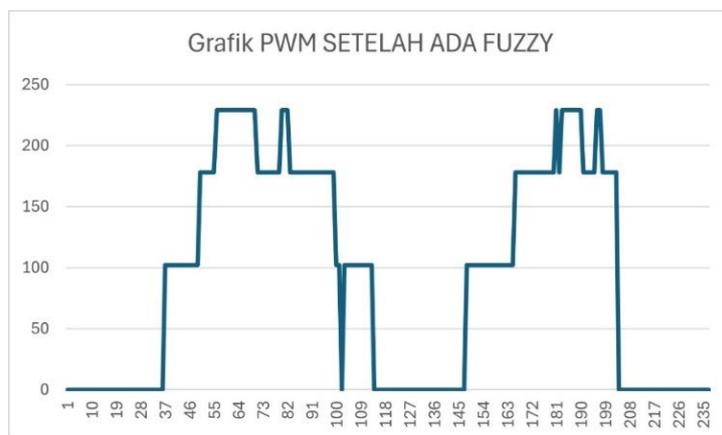
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 9. Membership Fuction Pada PWM Driver Mosfet



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 10. Grafik Pengujian PWM Sebelum Ada Fuzzy



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 11. Grafik Pengujian PWM Setelah Ada Fuzzy

Pada gambar 13 terlihat grafik sebelum adanya *fuzzy* menggambarkan hubungan antara variable *input* dan *output* dalam bentuk yang jelas dan tegas dengan garis lurus atau kurva yang tepat dengan nilai hanya 1 dan 0, sedangkan pada gambar 4.13 grafik setelah adanya *fuzzy* dapat menunjukkan nilai yang tidak hanya menampilkan nilai 1 dan 0 saja, dalam hasil *output* setelah dibangun berdasarkan aturan *rule* yang telah ditentukan sebelumnya, memasukkan parameter dua *input* (asap, dan api) dengan nilai *range* masing-masing, serta nilai *output* yang merupakan nilai pwm untuk motor *driver* mosfet. Berikut hasil pengujian sebelum adanya metode *fuzzy logic* ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sistem Sebelum Ada Fuzzy Logic

	Flame 1	Flame 2	Flame 3	Flame 4	Flame 5	PWM 1	PWM 2
Pengujian Flame 1	987	411	146	69	97	255	255
	981	400	116	69	95	255	255
Pengujian Flame 2	395	979	405	67	91	255	255
	221	813	376	66	88	255	255
Pengujian Flame 3	91	395	975	456	96	255	255
	91	275	971	413	97	255	255
Pengujian Flame 4	61	88	389	987	243	255	255
	47	56	186	769	232	255	255
Pengujian Flame 5	52	87	97	394	966	255	255
	43	85	95	388	949	255	255

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Pengujian Dinamis

Pengujian dinamis dilakukan untuk mendapatkan nilai data pada komponen dengan tujuan supaya dapat melihat kualitas dan kinerja seluruh komponen yang terpasang, hasil pengujian untuk komponen akan dijelaskan pada poin dibawah ini.

a. Pengujian titik api

Pengujian titik api bertujuan untuk mengetahui nilai ADC yang dihasilkan oleh *flame sensor 5 channel* ketika mendeteksi adanya *infrared* yang dihasilkan oleh api dari beberapa titik samping kiri, samping kanan dan depan dari *flame sensor 5 channel*. Dalam pengujian ini dibentuk 3 himpunan fuzzy yaitu : dekat (≥ 0 cm x < 30 cm), sedang (≥ 30 cm x < 45 cm), jauh (≥ 45 cm). *Output* dari pembacaan sensor dapat dilihat melalui serial monitor pada Arduino IDE. Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka didapatkan hasil pembacaan *flame sensor 5 channel* seperti pada tabel 4, tabel, 5, tabel 6.



Jarak jauh titik api Jarak sedang titik api Jarak dekat titik api

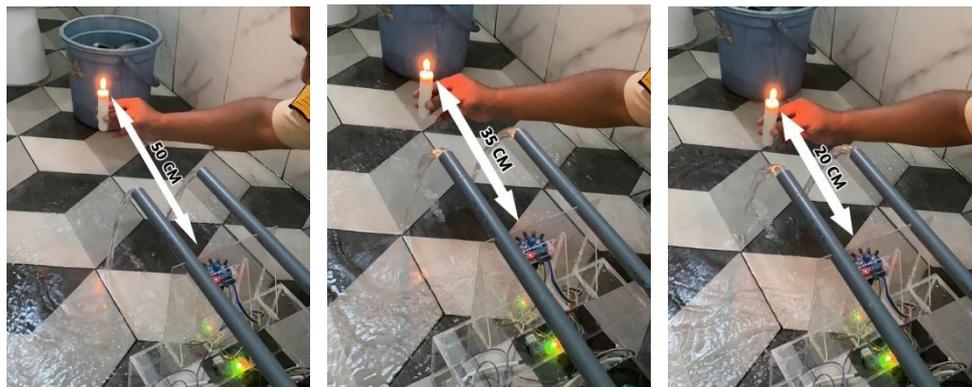
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 14. Pengujian Titik Api Dari Sisi Kiri Flame Sensor 5 Channel

Tabel 4. Hasil Respon Jarak Api Dari Sisi Kiri Dengan Bacaan Sensor

Jarak (cm)	Flame 1	Flame 2	Flame 3	Flame 4	Flame 5	PWM 1	PWM 2
5	988	411	146	69	97	229	64
10	981	400	116	69	95	229	64
15	974	395	102	67	91	225	68
20	803	213	98	66	88	225	68
25	768	163	98	65	76	215	64
30	672	157	95	61	71	214	64
35	525	142	90	61	58	189	48
40	449	137	99	57	56	178	48
45	353	120	88	50	52	130	48
50	240	107	87	52	52	125	48

(Sumber: Dokumen Pribadi)



Jarak jauh titik api Jarak sedang titik api Jarak dekat titik api

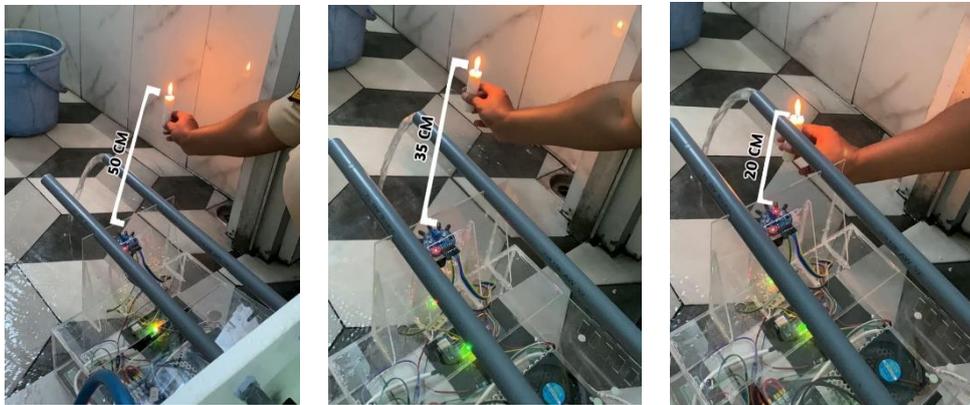
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 12. Pengujian Titik Api Dari Depan Flame Sensor 5 Channel

Tabel 4. Hasil Respon Jarak Api Dari Depan Dengan Bacaan Sensor

Jarak (cm)	Flame 1	Flame 2	Flame 3	Flame 4	Flame 5	PWM 1	PWM 2
5	88	395	980	467	94	230	230
10	81	302	975	440	97	232	232
15	74	228	971	411	97	230	230
20	70	208	811	379	88	225	225
25	47	163	776	213	88	214	214
30	32	163	683	163	95	214	214
35	87	139	525	142	95	186	186
40	78	137	453	137	62	172	172
45	61	101	348	125	58	124	124
50	55	97	244	107	58	118	118

(Sumber: Dokumen Pribadi)



Jarak jauh titik api

Jarak sedang titik api

Jarak dekat titik api

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 13. Pengujian Titik Api Dari Sisi Kanan *Flame Sensor 5 Channel*

Tabel 5. Hasil Respon Jarak Api Dari Sisi Kanan Dengan Bacaan Sensor

Jarak (cm)	Flame 1	Flame 2	Flame 3	Flame 4	Flame 5	PWM 1	PWM 2
5	96	97	138	446	987	68	232
10	95	94	137	439	979	68	232
15	69	94	130	467	811	64	229
20	67	88	135	421	769	64	225
25	58	87	112	159	669	66	216
30	59	87	98	156	658	64	214
35	58	69	95	156	526	54	185
40	57	67	92	126	451	48	178
45	52	59	92	112	346	54	129
50	52	58	90	103	239	54	125

(Sumber: Dokumen Pribadi)

b. Pengujian sensor asap MQ-2

Pengujian sensor asap MQ-2 bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor MQ-2 dalam membaca kadar asap. Pengujian dilakukan dengan membuat asap hasil pembakaran kertas. *Output* dari pembacaan sensor MQ-2 dilihat melalui serial monitor pada Arduino IDE. Hasil nilai pembacaan sensor pengujian ini dibentuk 4 himpunan aturan *Fuzzy* yaitu : tidak ada asap (≤ 250 ppm), tipis (≥ 250 ppm x ≤ 400 ppm), sedang (≥ 400 ppm x ≤ 900 ppm), tebal(≥ 900 ppm). Berdasarkan pengujian yang dilakukan, maka didapatkan hasil pembacaan sensor seperti pada tabel 7.

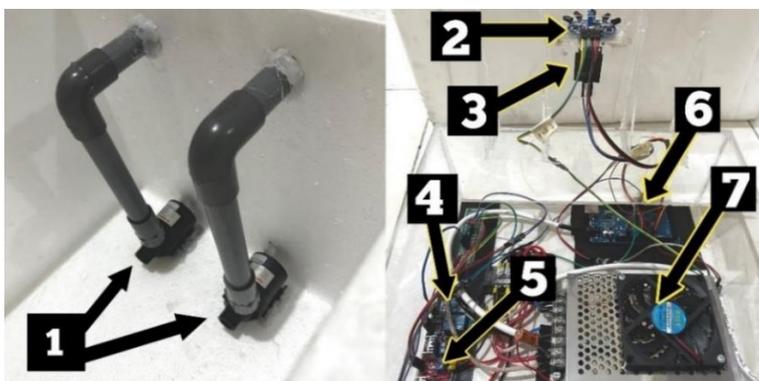
Tabel 6. Hasil Uji Sensor Asap

Ketebalan (visual)	Analog Sensor Asap (ppm)
Tidak ada	241
Tipis	312
Tipis	338
Tipis	342
Tipis	364
Sedang	579
Sedang	677
Sedang	835
Tebal	946
Tebal	953
Tebal	976

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Perakitan Komponen

Perakitan komponen merupakan suatu tahapan untuk menyatukan seluruh komponen yang menjadi kesatuan sehingga dapat tersusun dengan baik. Setelah semua komponen disatukan maka selanjutnya yaitu penataan komponen untuk saling terhubung dan ditempatkan secara rapih menggunakan papan box agar terlihat lebih aman.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 14. Hasil Perakitan Komponen

Keterangan :

Pompa DC 12 Volt

6. Arduino ATmega

Flame Sensor 5 Channel

7. Power Supply 12 Volt DC

Sensor Asap MQ-2

Relay

Driver Mosfet IRF520N

Pemrograman Software

Pemrograman *software* merupakan sebuah tindakan yang dilakukan untuk memberikan perintah pada kontroler Arduino ATmega 2560 untuk melakukan pemrosesan data untuk saling berkomunikasi dengan baik sehingga menjadi satu kesatuan rancang bangun kontrol pemadam kebakaran berbasis *fuzzy logic*. Pada pemrograman ini menggunakan *software* Arduino IDE dan untuk penulisan Bahasa pemrograman pada *software* Arduino IDE menggunakan Bahasa C++ untuk memproses data maupun menuliskan perintah sebagai *output* proses. Pada penelitian ini penulisan pemrograman dapat dilihat pada lampiran.

Analisa Pengujian

Analisa data merupakan suatu proses pengolahan data dari data yang telah diambil dengan tujuan untuk menemukan suatu informasi baru yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas serta kehandalan dari suatu sistem. Berdasarkan hasil data yang telah diambil pada masing-masing komponen untuk perancangan alat pemadam kebakaran berbasis *fuzzy logic*, dilakukan perbandingan antara pengujian sistem yang telah menggunakan logika *fuzzy* dan sistem yang tidak menggunakan logika *fuzzy*. Dari pengujian kedua sistem pemadam kebakaran menunjukkan bahwa respon sistem yang tidak menggunakan *fuzzy* relative lebih cepat dibandingkan sistem pemadam kebakaran logika *fuzzy*. Hal ini disebabkan oleh suatu kondisi *membership function* pada *flame sensor 5 channel* dan sensor MQ-2, sistem pemadam kebakaran tanpa *fuzzy* akan menghasilkan outputan yang lebih besar dibandingkan pemadam kebakaran logika *fuzzy* karena hanya memiliki nilai *max or none*. Outputan yang lebih besar ini memperbesar debit air yang digunakan pemadaman titik api sehingga menyebabkan pemborosan air dalam sistem pemadaman api tanpa *fuzzy*. Sedangkan sistem pemadam kebakaran logika *fuzzy* dapat menentukan berbagai kondisi *output* yang bervariasi sesuai kondisi *input* yang diujikan sehingga menggunakan metode *fuzzy* ini sangat efisien untuk menghemat penggunaan air dalam mengatasi kebakaran.

5. PENUTUP

Simpulan

Sesuai dengan hasil perancangan, pengujian dan hasil riset yang telah didapat dengan meninjau rumusan masalah sistem yang diajukan, maka dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Rancang sistem kontrol pemadam kebakaran berbasis *fuzzy logic* sebagai metode pengambilan keputusan menggunakan *input flame sensor 5 channel* dan sensor asap MQ-2 yang menggunakan lilin sebagai titik api dan kertas yang dibakar untuk mendapatkan asap serta respon pemadaman yang baik dengan menggunakan *output* pompa DC 12V sebagai penyemprot air sesuai kondisi yang di deteksi oleh *flame sensor 5 channel* dan sensor asap MQ-2.
- 2) Kinerja menggunakan logika *fuzzy logic* yang diterapkan dalam sistem pemadam kebakaran berdasarkan pengujian mampu menghemat air dibandingkan dengan sistem pemadam kebakaran tanpa menggunakan metode *fuzzy logic*.

Saran

Peneliti memahami bahwa dari perancangan serta hasil yang diperoleh dari prototip alat ini memiliki kekurangan. Dari prototipe alat Rancang Bangun Kontrol Pemadam Kebakaran Menggunakan Sensor MQ-2 dan *Flame Sensor 5 Channel* Berbasis *Fuzzy Logic* memiliki beberapa poin yang dapat dirubah agar mendapatkan hasil yang lebih optimal. Penulis menyarankan perubahan seperti berikut :

- 1) Mengganti komponen pompa dengan spesifikasi bertekanan yang lebih tinggi sehingga memungkinkan untuk air lebih kencang dan mampu untuk menyemprotkan air lebih banyak.
- 2) Komponen sensor deteksi api dan asap menggunakan standar industri agar mampu mendapatkan hasil yang lebih stabil dan memenuhi kriteria standar pengaplikasian sehingga keterjaminan keselamatan produk lebih baik.
- 3) Mengatur *member function* dan aturan *fuzzy logic* sehingga didapatkan kinerja alat dengan optimal.

REFERENSI

- Ansyah, R. (2022). Rancang bangun alat pemadam kebakaran di satu ruangan berbasis Arduino UNO. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Cahyadi, H. D. (2022). Rancang bangun alat pendeteksi kebakaran menggunakan flame sensor dan sensor asap berbasis Arduino. *Jurnal Polsri*, 1(2).
- Fithry, Tahel, M. H. S. A. (2021). Rancang bangun alat penanganan kebakaran otomatis pada rumah menggunakan Arduino Atmega 2560. *Jurnal Komputer, Elektronik dan Telekomunikasi*, 1(2).
- Halawa, K. B. (2021). Sistem transmisi data kebocoran gas. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 33-110.
- Irwansyah, M. (2013). Pompa air aquarium menggunakan solar panel. *Jurnal Integrasi*, 2-3.
- Mudjiono, U. (2017). Fire spot detector untuk deteksi dini terjadinya kebakaran di kapal. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), 1-5.
- Nur Yanti, F., Z., R. T., & N. B. A. S. (2019). Rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran dini berbasis logika kusut menggunakan multisensor. *Jurnal Teknik Industri Pengelolaan*, 2(4).
- Prastyo, E. A. (2020). Modul driver motor L298N. [Online]. Available at: <https://www.edukasiaelektronika.com/2020/12/modul-driver-motor-l298n.html>
- Purnomo, R. A. (2017). Implementasi metode Fuzzy Sugeno pada embedded system untuk mendeteksi kondisi kebakaran dalam ruangan. Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya, 30-41.
- Purwodianto, J. (2023). Kapal kargo terbakar saat antre muat semen di perairan Gresik. [Online]. Available at: <https://www.detik.com/jatim/berita/d-6512600/kapal-kargo-terbakar-saat-antre-muat-semen-di-perairan-gresik>
- Putra, R. L. (2020). Rancang bangun pendeteksi sistem kebakaran di atas kapal dengan sensor 5 way flame berbasis Arduino Mega 2560. Politeknik Pelayaran Surabaya, 9-25.
- Risandriya, S. K. (2012). Aplikasi logika fuzzy pada microcontroller dengan simulasi pengereman kendaraan bermotor. Politeknik Batam, 20-30.
- Roghib, M. (2018). Program relay. [Online].
- Saberindo. (2017). Teori segitiga api. [Online]. Available at: <https://saberindo.co.id/2017/08/03/teori-segitiga-api/>
- Saputra, M. A. (2015). Metode decision tree sebagai pembanding metode fuzzy untuk menentukan status kebakaran menggunakan multi-sensor. Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya, 20-30.
- Setiani, Y. (2015). Pengendalian bahaya kebakaran melalui optimalisasi tata kelola lahan kawasan perumahan di wilayah perkotaan. *Annual Civil Engineering Seminar 2015*, 1-2.

- Suryana, T. (2021). Implementasi modul sensor MQ2 untuk mendeteksi adanya polutan gas di udara. *Jurnal Komputa Unikom 2021*, 1-4.
- Syarif, E. M. (2016). Model pengatur kecepatan kipas menggunakan sensor asap berbasis Arduino Uno. Program Studi Ilmu Komputer FMIPA Universitas Pakuan, 30-50.
- Yuhardiansyah. (2016). Arduino Mega 2560 REV 3. [Online]. Available at: <https://yuhardiansyahblog.wordpress.com/2016/06/25/arduino-mega-2560-rev-3/>