

PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KEBAKARAN YANG TERINTEGRASI DENGAN ALAT KOMUNIKASI BERBASIS MIKROKONTROLER

¹Agung Tri Wismoyo¹, Nina Paramytha IS²

Mahasiswa Universitas Bina Darma¹, Dosen Universitas Bina Darma, Palembang, Indonesia^{2,3}

Sur-el: agungwismoyo@gmail.com¹, nina_paramitha@binadarma.ac.id²

Abstract

Fire detectors are commonly used in room installations and installations as a safety measure in the event of a fire so that the fire does not spread and can be localized. As the development of Tole Sutikno's research, Wahyu Sapto Aji, Rahmat Susilo about "Designing a Fire and Temperature Based Smoke Detection Device Based on AT89S52 Microcontroller" by adding an integrated system to the communication device using the ESP6288 Wi-Fi Transmitter with the application that was designed will be able to know the point of the fire and serves as a trigger ignite the pump motor that serves to pump water to put out fires. The time needed for the motor to turn on after the sensor detects a fire is ± 5 seconds.

Keywords: *Arduino, Fire Detection, Integrated, Wi-fi ESP6288, Pump motor*

Abstrak

Alat pendeteksi kebakaran sudah lumrah digunakan dalam instalasi ruangan maupun instalasi sebagai pengaman jika terjadi kebakaran agar kebakaran tidak meluas dan dapat dilokalisasi. Sebagai pengembangan dari penelitian Tole Sutikno, Wahyu Sapto Aji, Rahmat Susilo tentang "Perancangan Alat Pendeteksi Kebakaran Berdasarkan Suhu Dan Asap Berbasis Mikrokontroler AT89S52" dengan menambahkan sistem yang terintegrasi ke alat komunikasi dengan menggunakan Transmitter Wi-Fi ESP6288 dengan aplikasi yang sudah dirancang akan dapat mengetahui titik terjadinya kebakaran dan berfungsi sebagai pemacu menyala motor pompa yang berfungsi untuk memompakan air untuk memadamkan kebakaran. Waktu yang dibutuhkan untuk motor menyala setelah sensor mendeteksi terjadinya kebakaran yaitu ± 5 detik.

Kata kunci : *Arduino, Pendeteksi kebakaran, Terintegrasi, Wi-fi ESP6288, Motor pompa*

1. PENDAHULUAN

Banyak jenis alat pendeteksi kebakaran yang telah berkembang belakangan ini untuk meminimalisir terjadinya kerugian materil maupun korban jiwa yang memberi rasa aman bagi pengguna alat pendeteksi tersebut, namun masih ada beberapa hal yang mungkin perlu untuk ditambahkan dalam alat pendeteksi ini agar dapat menekan angka kerugian materil maupun adanya korban jiwa.

Dari beberapa jurnal yang telah penulis baca diantaranya adalah jurnal yang ditulis oleh Tole Sutikno, Wahyu Sapto Aji, Rahmat Susilo tentang "Perancangan Alat Pendeteksi Kebakaran Berdasarkan Suhu Dan Asap Berbasis Mikrokontroler AT89S52" dalam perancangan alat ini hanya menitik beratkan pada pendeteksian kebakaran dan memberikan sinyal bahaya berupa alarm yang akan berbunyi jika terjadi kebakaran hal ini masih memungkinkan timbulnya kerugian materil yang cukup besar dikarenakan kepanikan akibat dari adanya alarm dan kebakaran tidak ditangani dengan

cepat, dan pada jurnal kedua yang penulis baca mengenai alat pemadam kebakaran yang ditulis oleh Anggit Bayu Pratama yang berjudul “Perancangan Dan Implementasi Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Dengan Sensor Api Dan Sensor Asap” pada perancangan alat ini pada dasarnya memiliki tujuan yang sama dalam pendeteksian kebakaran namun media informasi pada saat kebakaran berupa LCD yang kemungkinan akan sedikit orang yang mengetahui karena terbatasnya cakupan dari LCD itu sendiri.

Dari beberapa jurnal yang telah penulis baca, perlu dilakukan beberapa pengembangan diantaranya meningkatkan aspek keamanan pada pendeteksi keamanan yang lebih memadai. Oleh karena itu, penelitian ini bermaksud untuk merancang sebuah alat pendeteksi kebakaran yang terintegrasi dengan alat komunikasi berbasis mikrokontroler. Tujuannya dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi pencegahan kebakaran.

Penulisan disusun dengan urutan topik sebagai berikut.

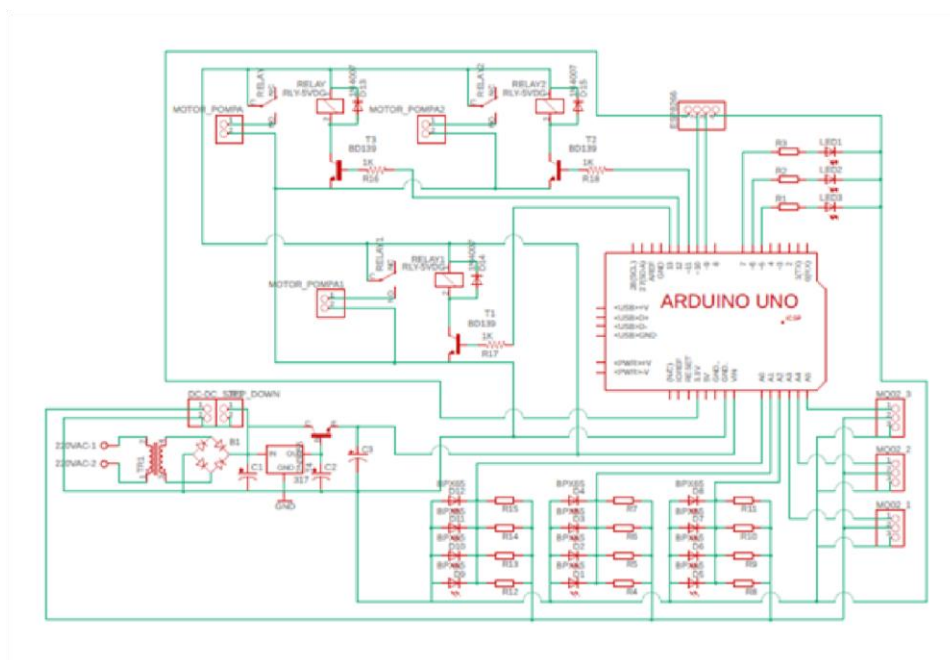
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat Pendeteksi Kebakaran Terintegrasi Alat Komunikasi Berbasis Mikrokontroler Dari jurnal yang telah dibuat oleh beberapa penulis tentang alat pendeteksi kebakaran, seperti jurnal yang ditulis oleh Tole Sutikno, Wahyu Spto Aji, Rahmat Susilo tentang “Perancangan Alat Pendeteksi Kebakaran Berdasarkan Suhu Dan Asap Berbasis Mikrokontroler AT89S52” dan jurnal yang ditulis oleh Anggit Bayu Pratama yang berjudul “Perancangan Dan Implementasi Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Dengan Sensor Api Dan Sensor Asap” dari kedua jurnal yang ditulis tersebut, penulis beranggapan bahwa masih kurangnya fitur untuk menambah rasa aman bagi pengguna alat tersebut, oleh karena itu penulis memiliki ide untuk membuat alat pendeteksi kebakaran yang berbeda dari dua jurnal yang telah penulis baca dimana pada alat yang akan penulis rancang ini akan memiliki sistem informasi yang langsung mengarah pada pengguna yang terkoneksi pada alat pendeteksi kebakaran melalui alat komunikasi sehingga pengguna akan lebih waspada karena dapat mengetahui kejadian sesegera mungkin dan diharapkan dapat meningkatkan standar keamanan bagi pengguna alat ini.

Hal tersebut yang melatar belakangi perancangan pendeteksi kebakaran yang terintegrasi dengan alat komunikasi berbasis mikrokontroler. Adapun komponen – komponen alat tersebut adalah Sensor *Flame*, Sensor Gas / Asap, Catu Daya, Mikrokontroler, *Wi-Fi Module*, dan *Smartphone Android*.

2.2 Desain Alat

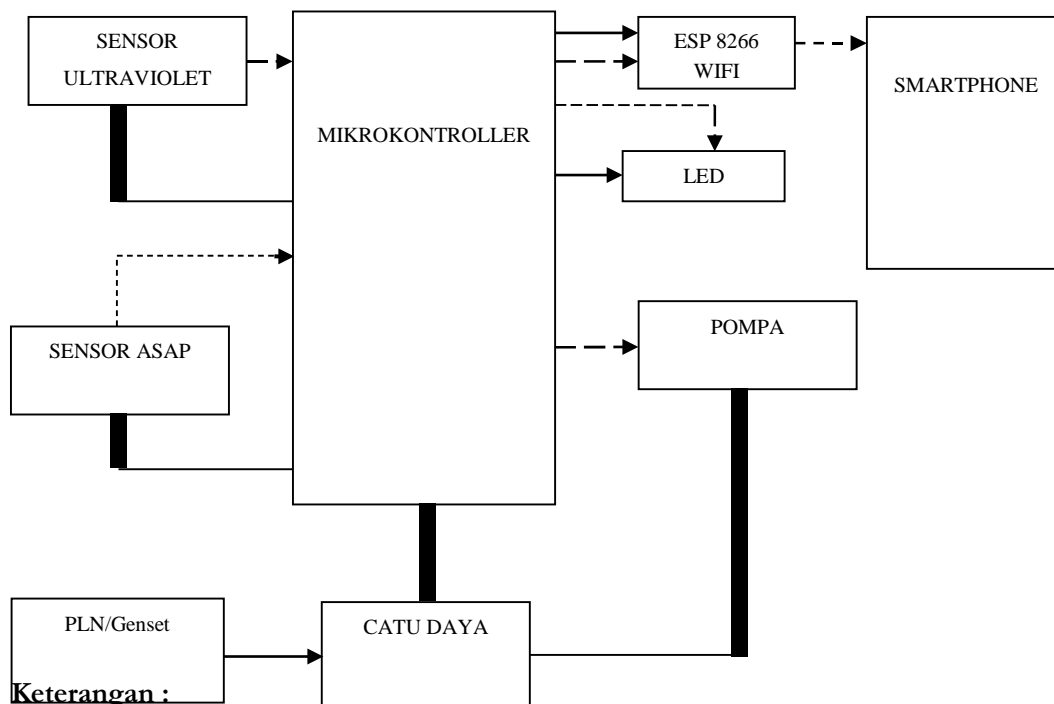
Dari ide penulis untuk membantu kehidupan manusia khususnya dalam metode pendeteksian kebakaran agar tindakan cepat dapat dilakukan dan meminimalisir korban jiwa yang mungkin saja terjadi saat kebakaran dikarenakan kurangnya informasi jika terjadi kebakaran oleh karena itu penulis merancang simulasi alat pendeteksi kebakaran yang terintegrasi alat komunikasi yang kemudian akan dirancang blok diagram rangkaian.



Gambar 1. Desain Rangkaian

Dari desain rangkaian yang meliputi sensor api, sensor gas/asap, mikrokontroler(Arduino Uno), Wi-Fi Module, dan LED dapat dibuat rangkaian blok diagram seperti dibawah ini.

Blok Diagram



Keterangan :

- : Sumber
- - - - - : Perintah

Gambar 2. Blok Diagram alat pendeteksi kebakaran yang teintegrasi alat komunikasi
 Dari blok diagram di atas kita mengetahui langkah – langkah proses dari rangkaian yang dimulai dari input power PLN/Genset selanjutnya sensor mendeteksi api, di proses oleh Arduino lalu dikirim ke

Wi-Fi Modul untuk ditransmisikan ke HP sehingga yang menggunakan alat ini dapat mengetahui adanya titik api di suatu area yang di pasang alat pendeteksi api ini.

2.3 Input

Dalam simulasi alat pendeteksi kebakaran yang terintegrasi alat komunikasi berbasis mikrokontroler ini, yang termasuk ke dalam input dari alat ini adalah :

2.3.1 Catu Daya

Secara umum istilah catu daya biasanya berarti suatu sistem penyearah filter (rectifier), dimana rangkaian ini mengubah tegangan bolak-balik yang berasal dari tegangan sumber PLN/Genset menjadi tegangan searah yang murni. Komponen dasar yang digunakan pada rangkaian catu daya adalah transformator, penyearah, resistor, dan kapasitor.

2.3.2 Transformator

Transformator adalah alat listrik yang dapat menaikkan atau menurunkan tegangan listrik AC dari satu atau lebih rangkaian ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip listrik induksi elektromagnet.

Transformator terdiri dari 3 komponen pokok yaitu : kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai input, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai output, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan.

2.3.3 Sensor Flame

Flame sensor merupakan sebuah alat pendeteksi api yang menggunakan sensor optic untuk mendeteksinya. Flame sensor digunakan untuk mendeteksi keberadaan api, bukan panas. Pancaran cahaya ultraviolet dari sebuah lilin berjarak 5 meter dapat dideteksi oleh sensor ini. Prinsip kerja flame sensor adalah dimulai dari bahwa api akan bisa dideteksi oleh keberadaan spectrum cahaya infra red maupun ultraviolet, dan dari situ semacam microprocessor dalam flame sensor akan bekerja untuk membedakan spectrum cahaya yang terdapat pada api yang terdeteksi tersebut.

2.3.4 Sensor Gas/Asap

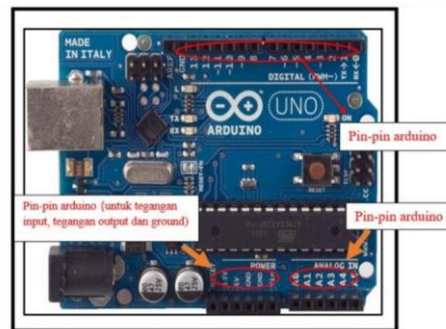
Sensor gas digunakan juga untuk back up dari sensor api dimana sensor akan berkeja saat mendeteksi adanya asap yang kemudian akan menimbulkan api, dengan sensor tersebut alat akan dengan mudah mendeteksi keberadaan asap yang dimungkinkan akan menimbulkan api.

2.4 Proses

Proses adalah bagian yang berperan dalam pengolahan data -data yang dihimpun dari input, dalam simulasi alat pendeteksi kebakaran ini, terdapat dua alat yang berfungsi untuk memproses data yaitu:

2.4.1 Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.



Gambar 3. Arduino Uno

2.4.2 Wi-Fi Module

Disini wi-fi berfungsi sebagai transmitter dimana akan mentransmisikan data yang telah dihimpun dari Arduino uno lalu mengirimkannya ke alat komunikasi seperti android yang terhubung dengan sinyal wifi.

2.5 Output

Output adalah tahapan akhir dimana data dari proses diolah dan selanjutnya diterjemahkan menjadi perintah, dalam alat pendeteksi kebakaran ini terdapat dua alat pada output yaitu :

2.5.1 Smartphone Android

Smartphone adalah sebuah telepon genggam yang memiliki fitur atau kemampuan tingkat tinggi, sering kali dalam penggunaannya menyerupai komputer, sehingga banyak orang mengartikan smartphone sebagai komputer genggam yang memiliki fasilitas telepon. Fitur - fitur yang dapat ditemukan pada smartphone antara lain telepon, sms, internet, ebook viewer, editing dokumen dan masih banyak lagi yang lainnya. Kita juga dapat menambahkan aplikasi lain kedalam smartphone layaknya kita menginstall aplikasi pada komputer.

2.5.2 LED (Light Emitting Diode)

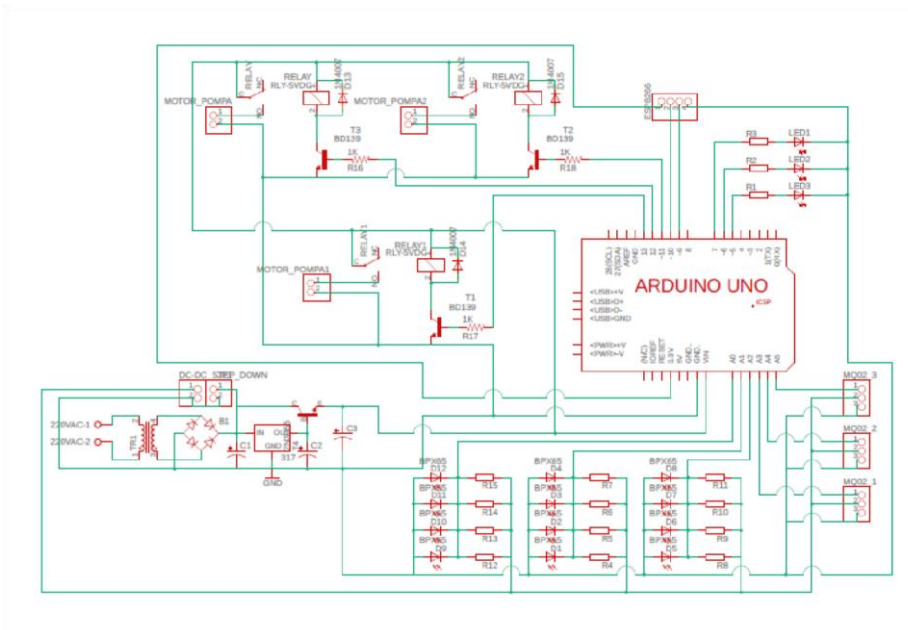
Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja alat ini adalah dengan mendeteksi keberadaan api/asap yang diketahui dari sensor yang telah terpasang lalu informasi tersebut akan di proses oleh arduino untuk diteruskan ke transmitter yang merupakan wi-fi modul agar dapat ditransmisikan ke alat komunikasi sehingga orang yang terkoneksi dengan wi-fi tersebut dapat mengetahui keberadaan api dan dapat melakukan tindakan untuk memadamkan api atau tindakan penyelamatan diri.

3.1 Tujuan Pengukuran

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari alat yang dirancang, serta menganalisa dan membuat kesimpulan mengenai alat yang dibuat. Titik pengukuran pada alat ini terdiri dari beberapa bagian dimana pada setiap titik pengukuran memiliki fungsi masing-masing. Pembagian titik pengukuran tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Titik Pengukuran dalam Skema Rangkaian

3.2 Hasil Pengukuran

Di dapat nilai rata – rata pada setiap pengukuran pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Masing-Masing Titik Pengukuran

TP	No	Titik Pengukuran	Banyaknya Pengukuran					X
			1	2	3	4	5	
			15,60			15,60		Catu
				1	V rms (V ac)		15,59	15,59
				15,60	15,59			
Daya	2	TP1 (V dc)	19,92	19,91	19,91	19,91	19,91	19,91
	3	TP2 (V dc)	12,08	12,08	12,07	12,08	12,08	12,08
	4	TP3 (V dc)	11,50	11,52	11,52	11,52	11,52	11,51
	5	TP4 (V dc)	4,93	4,93	4,92	4,93	4,92	4,93
	6	TP5 I (dc mA)	1,31	1,32	1,31	1,31	1,31	1,31
Arduino	6	TP 6 Input (Volt)	11,25	11,24	11,25	11,23	11,24	11,24
	7	TP 7 Output (Volt)	4,93	4,94	4,93	4,93	4,94	4,93
Sensor Api	8	TP 8 Titik Api Ruang 1	4,74	4,75	4,75	4,76	4,75	4,75
	9	TP 9 Titik Api	4,75	4,76	4,76	4,75	4,74	4,75

TP	No	Titik Pengukuran	Banyaknya Pengukuran					X
			1	2	3	4	5	
		Ruang 2						
	10	TP 10 Titik Api Ruang 3	4,76	4,75	4,77	4,76	4,76	4,76
	11	TP 11 Nilai Titik Api Dekat	785	770	785	782	786	781,6
	12	TP 12 Nilai Titik Api Jauh	993	992	989	990	992	991,2
Sensor Gas	13	TP 13 Titik Gas Ruang 1	4,31	4,30	4,31	4,31	4,31	4,31
	14	TP 14 Titik Gas Ruang 2	4,32	4,31	4,31	4,31	4,32	4,31
	15	TP 15 Titik Gas Ruang 3	4,30	4,32	4,32	4,31	4,31	4,31
Rele	16	TP 16 Relay Motor 1	11,50	11,51	11,51	11,50	11,51	11,50
	17	TP 17 Relay Motor 2	11,52	11,52	11,52	11,52	11,51	11,518
	18	TP 18 Relay Motor 3	11,52	11,52	11,52	11,51	11,51	11,51
Motor DC	19	TP 19 Tegangan (V)	8,50	8,51	8,52	8,50	8,50	8,50
	20	TP 20 Arus (I)	1,31	1,32	1,33	1,31	1,31	1,31
	21	TP 21 Waktu nyala motor	5.23	5.50	6.10	5.50	5.34	5,55

3.3 Hasil Perhitungan

3.3.1 Perhitungan Pada Catu Daya

Output tegangan dari dioda penyearah gelombang penuh sebelum melewati kapasitor sebagai filter pada P1 yang diberikan tegangan input dari trafo dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$[V_{dc} = 0,636 \cdot (V_m - V_D)] \tag{1}$$

Dimana V_D adalah tegangan *diode Bridge*(1,4 V), yaitu :

$$\begin{aligned} V_m &= V_{\text{rms}} \cdot \sqrt{2} \\ &= 15,59 \text{ V} \cdot \sqrt{2} = 22,04 \text{ V} \end{aligned} \quad (2)$$

Maka V_{dc} adalah :

$$\begin{aligned} V_{\text{dc}} &= 0,636 \cdot (V_m - V_D) \\ &= (0,636) \cdot (22,04 - 1,4) \\ &= (0,636) \cdot (20,64) \\ &= 13,12 \text{ v} \end{aligned}$$

Besarnya *ripple* tegangan sebelum kapasitor pada penyearah gelombang penuh dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} V_r(\text{rms}) &= 0,308 \cdot V_m \\ &= (0,308) \cdot (22,04) \\ &= 6,78 \text{ V} \end{aligned} \quad (3)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap *output* tegangan searah dari dioda penyearah yang telah melewati kapasitor (2200 μ F) sebagai filter untuk memperkecil tegangan riak (*ripple*). Perhitungan titik pengukuran 2 pada catu daya didapat hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{\text{dc2}} &= V_m - \frac{4,17 \cdot I_{\text{dc}}}{C} \\ &= 22,04 - \frac{(4,17) \cdot 0,0013}{0,0022} \\ &= 22,04 - 2,45 \\ &= 19,59 \text{ v} \end{aligned} \quad (4)$$

Besarnya *ripple* tegangan pada rangkaian catu daya (*power supply*) setelah kapasitor didapat hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{r2}(\text{rms}) &= \frac{2,8867 \cdot I_{\text{dc}}}{C} \cdot \frac{V_{\text{dc2}}}{V_m} \\ &= \frac{2,8867 \cdot 1,31}{2200} \cdot \frac{19,59}{22,04} \\ &= (1,70 \times 10^{-3}) \cdot (0,88) \\ &= 0,001496 \text{ V} \end{aligned} \quad (5)$$

Tegangan V_{dc2} setelah ripple adalah

$$V_{\text{dc2}} = 19,59 \text{ V} / - 0,001496 \text{ V} = 19,58 \text{ V}$$

3.3.2 Perhitungan Pada Sensor Api

TP 3 adalah pengukuran tegangan pada sensor api dan dengan nilai data yang ditampilkan di software arduino uno dengan menggunakan rumus ADC (analog to digital converter)

Hasil pergitungan sensor api jauh dititik dekat

$$\begin{aligned} \text{nilai} &= \left| \frac{4,75}{5} \right| \times 1023 \\ &= 0,766 \times 1023 \\ &= 783,6 \end{aligned}$$

3.3.3 Perhitungan Pada Rele

Untuk mengetahui kesalahan pengukuran tegangan output pada Relay didapat dari pengukuran tegangan output pada Relay didapatkan hasil rata – rata sebesar 11,50 V, relay pada saat dioperasikan bekerja dengan baik.

3.3.4 Perhitungan Pada Motor DC

Motor DC yang berfungsi sebagai pemompa air . Maka dengan itu untuk Daya Motor DC (P) dan arus Motor DC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} \text{Jadi :} \\ n &= \frac{P.60}{\tau .2.\pi} \\ &= \frac{11,5}{4,1 \times 10^{-2} . 2.3,14} \cdot 60 \\ &= 267 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

3.3.5 Perhitungan Persentase Kesalahan

Persentase kesalahan pada pengukuran dan perhitungan tegangan Vdc2, yaitu:

$$\begin{aligned} \% \text{Kesalahan} &= \left| \frac{19,91 - 19,58}{19,91} \right| \times 100\% \\ &= 0,016 \times 100 = 1,60 \% \end{aligned}$$

Dengan rumus perhitungan yang sama maka persentase kesalahan tiap titik pengukuran dan perhitungandi dapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengukuran dan Perhitungan

No.	Titik Pengukuran	Pengukuran (V)	Perhitungan (V)	Pengukuran Sensitivitas	Perhitungan Sensitivitas	Datasheet (V)	% Kesalahan	Keterangan
1.	TP1	19,91	19,58	-	-	-	1,60%	In Range
2.	TP2	12,08	12,74	-	-	-	1,84%	In Range
3.	TP3	11,51	12,2	-	-	-	1,96%	In Range
4.	TP4	4,93	-	-	-	2- 12	-	
3.	TP6	11,25	-	-	-	6 - 20	-	
4.	TP 8	4,75	-	-	-	4 - 6	-	
	TP 8 Titik Dekat	-	-	781,6	782,6	-	0,255%	In Range
	TP 8 Titik Jauh	-	-	991,2	999,4	-	0,93%	In Range
5.	TP13	4,31	-	-	-	0,2 – 5	-	
6.	TP16	11,51	-	-	-	5- 12	-	
7.	TP19	8,5	-	-	-	5 - 12	-	

3.4 Analisa

Dari hasil yang di diperoleh dapat di analisa bahwa pada Catu Daya (Power Supply) pada titik pengukuran ini terdiri dari 3 pengukuran yaitu pertama pengukuran Vrms yaitu Root Mean Square atau bentuk lain satuan tegangan AC dimana diukur pada trafo dengan mendapatkan nilai tegangan rata-rata 15,59 VAC. .Pengukuran kedua yang dilakukan pada titik-titik capacitor di catu daya mendapatkan nilai perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan yang tidak lebih dari 5% dengan hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa catu daya bekerja dengan baik dalam mengalirkan energi listrik ke beban beban.

Pada pengukuran Mikrokontroler Arduino UNO, didapat nilai tegangan input 11,24 V dan output tegangan sebesar 4,93 V yaang berfungsi sebagai supply tegangan untuk sensor api dan sensor gas, dengan demikian mikrokontroler arduino UNO dianggap dalam keadaan baik karena masih dalam batas toleransi.

Pada pengukuran ketiga yaitu sensor api yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan api sebagai sinyal arduino uno untuk mengaktifkan pompa air untuk memadamkan api,dari pengukuran didapat nilai tegangan rata-rata sebesar 4,75 v, nilai tegangan yang di dapat masih berada pada range toleransi pada datasheet yaitu sebesar 4 – 6 v,

Pada pengukuran keempat pada sensor gas di dapat nilai tegangan sebesar 4,31 V dengan range pada datasheet 0,2 – 5 v, di dapat nilai tegangan yang masih berada pada range datasheet.

Pada pengukuran kelima pada rele, didapat nilai tegangan rata-rata sebesar 11,51 V dengan range pada datasheet yaitu 5 – 12 v, Dengan demikian rele dalam kondisi baik karena sesuai dengan data sheet dan bekerja dengan baik.

Pada pengukuran keenam yaitu Motor DC, dari pengukuran didapat nilai tegangan rata-rata sebesar 8,50 v pada motor. Dan didapat nilai kecepatan putaran motor sebesar 267 Rpm pada saat motor memompakan air.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pada rancang bangun Alat Pendeteksi Kebakaran Yang Terintegrasi dengan Alat Komunikasi Berbasis Mikrokontroler ini, maka dapat disimpulkan bahwa prinsip kerja rancangan alat ini pada dasarnya menunggu adanya titik api dan asap yang di baca oleh sensor api dan sensor gas, ketika mendeteksi api atau asap sensor akan memberi sinyal kepada mikrokontroler untuk menghidupkan motor dan selanjutnya memadamkan api.Di pasanginya transmitter ESP8266 pada alat ini sebagai media informasi yang dikirim ke alat komunikasi yang terintegrasi agar pengguna dapat mengetahui keberadaan titik api. Motor akan terus menyala saat sensor masih mendeteksi keberadaan api sampai api yang terdapat pada suatu ruangan benar benar padam maka motor akan berhenti memompakan air.

REFERENSI

- [1] <http://dunia-listrik.blogspot.com/>
- [2] <https://www.sewakantorcbd.com/blog/mengenal-cara-kerja-dan-jenis-jenis-alat-pendeteksikebakaran/>
- [3] https://id.wikipedia.org/wiki/Pendeteksi_kebakaran
- [4] Hart, DW. (1997). Introduction to Power Electronics. Indiana : Prentice-Hall International, Inc.
- [5] Rashid, MH. (1988). Power Electronics: Circuits, devices and application. New Jersey : Prentice-Hall, Inc

- [6] Petruzella, Frank D. 1996. Industrial Electronics. United States : Glencoe