

# RANCANG BANGUN ROBOT PEMADAM API OTOMATIS MENGUNAKAN SISTEM PNEUMATIK BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 32

Muhaimin

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Email: muhaiminmt@yahoo.com

**Abstrak** – Robot pemadam api secara otomatis sangat dibutuhkan oleh manusia untuk membantu memadamkan api pada saat terjadi kebakaran. Dalam penelitian ini dirancang dan dibangun robot pemadam api secara otomatis yang berguna untuk mendeteksi dan memadamkan sumber kebakaran. Robot dibangun menggunakan mikrokontroler ATmega 32 yang dilengkapi sensor *flame detector*, sensor *ultrasonic*, dan sensor suhu. Pada saat ruangan mencapai suhu panas tertentu, maka robot bergerak mencari sumber api. Robot bergerak dengan mekanisme *wall following*. Saat robot telah menemukan titik api, pneumatik memberikan tekanan pada Apar untuk memadamkan api. Buzzer berbunyi sebagai notifikasi bahwa pemadaman api oleh robot sedang berlangsung. Buzzer berbunyi sampai dengan api padam. Pengujian dilakukan dengan menempatkan robot pada sebuah area, dengan api lilin sebagai sumber titik api. Sensor *ultrasonic* digunakan sebagai pengontrol jarak terhadap arah gerak robot maju, belok kiri, dan belok kanan. Berdasarkan hasil pengujian pendeteksian keberadaan api menggunakan satu lilin, dengan data serial 602, robot berhasil mendeteksi keberadaan api dan melakukan proses pemadaman api dengan notifikasi bunyi buzzer. Pengujian suhu ruangan menggunakan sensor suhu dilakukan dengan cara memanaskan sebuah media menggunakan solder dalam jangka waktu 25 detik. Hal ini dilakukan karena area pengujian yang digunakan bukan area tertutup. Oleh karena itu, modifikasi suhu ruangan dilakukan dengan mekanisme pemanasan media untuk dideteksi oleh sensor suhu. Proses pendeteksian dan pemadaman api aktif saat suhu sudah mencapai 62,3°C.

**Kata-kata kunci:** mikrokontroler ATmega32, sensor, pneumatik, ultrasonic, buzzer

**Abstract** – Automatic fire extinguishing robots are needed by humans to help extinguish a fire in the event of a fire. In this study, an automatic fire extinguisher robot was designed and built to detect and extinguish the source of fire. The robot was built using an ATmega 32 microcontroller which is equipped with a flame detector, ultrasonic sensor, and temperature sensor. When the room reaches a certain hot temperature, the robot moves to find a source of fire. The robot moves with the wall following mechanism. When the robot has found the fire point, pneumatics apply pressure to the Apar to extinguish the fire. The buzzer sounds to alert you that a robot fire-fighting is in progress. The buzzer rang until the fire was extinguished. Testing is done by placing the robot in an area, with a candle flame as the source of the fire. The ultrasonic sensor is used to control the distance to the direction of the robot moving forward, turning left and turning right. Based on the test results of detecting the presence of fire using one candle, with serial data of 602, the robot successfully detected the presence of the fire and carried out the fire extinguishing process with a buzzer sound notification. Room temperature testing using a temperature sensor is done by heating a medium using solder for a period of 25 seconds. This is done because the test area used is not a closed area. Therefore, room temperature modification is carried out by means of heating the media to be detected by the temperature sensor. The process of detecting and extinguishing the fire is active when the temperature has reached 62.3°C.

**Key words:** ATmega32 microcontroller, sensor, pneumatic, ultrasonic, buzzer

## I. PENDAHULUAN

Rangkaian kendali, pada zaman modern ini, semakin banyak dibutuhkan untuk mengendalikan berbagai peralatan yang digunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Rangkaian kendali adalah rangkaian yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat melakukan fungsi-fungsi kendali sesuai kebutuhan. Rangkaian kendali ini dapat dibuat dengan memanfaatkan komponen mikrokontroler.

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang dapat melakukan satu atau beberapa

tugas yang sangat spesifik. Mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu AT90SXX, ATmega, dan ATtiny. Perbedaan masing-masing jenis mikrokontroler tersebut adalah ukuran memori, peripheral, dan fiturnya[1].

Mikrokontroler AVR merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang didalamnya terdapat berbagai macam fungsi. Kelebihan mikrokontroler ini adalah memiliki *Power-on Reset*, yaitu tidak perlu ada tombol reset dari luar, karena cukup hanya dengan mematikan catu arus, maka secara otomatis AVR akan melakukan reset. Untuk beberapa jenis AVR terdapat beberapa

fungsi khusus seperti ADC, EEPROM sekitar 128 byte sampai dengan 512 byte[1].

Salah satu aplikasi yang dapat diterapkan dari pemakaian mikrokontroler ini adalah pada robot pemadam kebakaran. Pemanfaatan robot pemadam kebakaran ini dapat mengurangi resiko kepada petugas pemadam kebakaran, yang menjalankan tugasnya untuk memadamkan api. Contoh resiko yang dapat dihadapi oleh pemadam seperti jatuh dari ketinggian, ledakan, kondisi bangunan yang terbakar, dan benda tajam.

Suryatini, dkk telah membuat robot cerdas pemadam api menggunakan ping ultrasonic range finder UV-TRON flame detector berbasis mikrokontroler Atmega 128. Robot dilengkapi dengan sensor garis dan kipas angin untuk pemadaman api. Pengaktifan pemadam api berdasarkan pendeteksian garis putih yang berada di dekat api, bukan berdasarkan keluaran sensor api itu sendiri[2].

Alfith telah membuat robot cerdas pemadam api dengan sensor thermal array TPA81 berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560. Robot dilengkapi dengan sensor PING untuk navigasi robot dan pemadaman api menggunakan kipas angin. Namun, penggunaan kipas angin kurang efektif karena dapat memperbesar kobaran api[3].

Jupii, K dan Toar, F. A. V. telah membuat robot cerdas pemadam api berkaki. Robot dilengkapi dengan sensor api UVTRON, sensor jarak, sensor garis untuk pendeteksian garis putih di sekitar api, dan pemadaman api menggunakan air. Namun, robot berkaki ini memiliki beberapa kekurangan, yaitu pergerakan yang relatif lambat dikarenakan dibutuhkannya waktu untuk pengaturan koordinasi antar kaki robot. Selain itu pembuatan robot berkaki lebih rumit[4].

Robot pemadam api beroda lebih banyak digunakan karena lebih mudah didesain, dibuat, dan diprogram untuk bergerak pada permukaan yang datar dan tidak terlalu kasar. Robot yang dirancang dapat mendeteksi api berdasarkan tegangan keluaran dari sensor api. Pemadaman api menggunakan semprotan air dengan sudut pergerakan selang pompa yang diatur menggunakan motor servo, agar jangkauan penyemprotan air lebih luas. Robot pemadam api yang dirancang dapat bergerak secara otomatis untuk memadamkan api, berdasarkan tegangan keluaran dari sensor api, dan dapat memantau keadaan disekitar robot dengan wifi *action camera*[5].

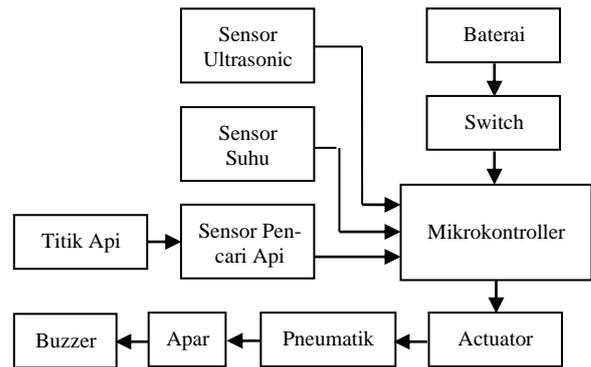
Pada penelitian ini dibuat sebuah robot yang dapat dapat memadamkan api. Robot dirancang agar dapat memadamkan api secara otomatis. Robot menggunakan sistem pneumatik berbasis mikrokontroler ATmega32, untuk menghasilkan navigasi yang efisien dalam mencapai target titik api yang akan dipadamkan.

**II. METODOLOGI**

**A. Blok Diagram Rancangan Sistem dan Flow Chart**

Blok diagram rancangan sistem robot pemadam api otomatis seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Sistem dirancang dengan prototipe sederhana. Titik api adalah

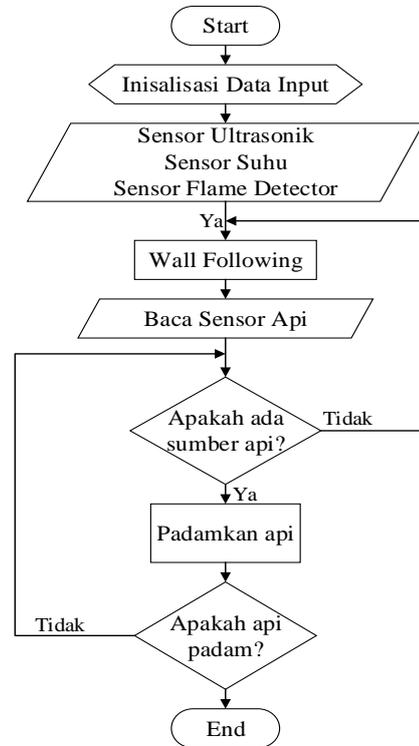
api yang berasal dari nyala api lilin, yang dapat dideteksi oleh sensor pencari api. Dua sensor lain adalah sensor *ultrasonic* yang berfungsi untuk mendeteksi jarak, dan sensor suhu untuk mendeteksi suhu ruangan.



Gbr. 1 Blok Diagram Rancangan Sistem

Kendali robot menggunakan mikrokontroler dengan *actuator* adalah motor DC. Pneumatik berfungsi sebagai pemberi tekanan ke apar. Apar digunakan untuk memadamkan api. Adapun buzzer berfungsi untuk memberi peringatan suara dalam proses pemadaman api.

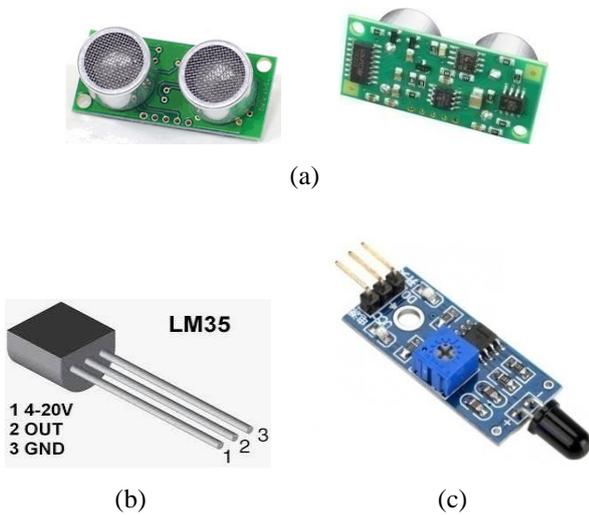
*Flow chart* sistem kerja robot pemadam api otomatis seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gbr. 2 Flow Chart Sistem Kerja Robot Pemadam Api

**B. Sensor**

Sistem robot pemadam api menggunakan 3 sensor, yaitu sensor *ultrasonic* SRF-04, sensor suhu LM35, dan sensor pencari api YL-23. Bentuk fisik sensor seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gbr. 3 (a) Sensor Ultrasonic SRF-04[6]; (b) Sensor LM35[7][8]; (c) Sensor Pencari Api YL-23[9]

Sensor *ultrasonic* adalah sensor jarak yang memiliki kemampuan mendeteksi jarak lebih jauh dibandingkan dengan *infra red*. Kelebihan sensor *ultrasonic* dibandingkan dengan sensor lain, seperti SRF-04, adalah hanya membutuhkan 1 jalur data dan adanya led indikator untuk memudahkan mendeteksi kerja sensor[6].

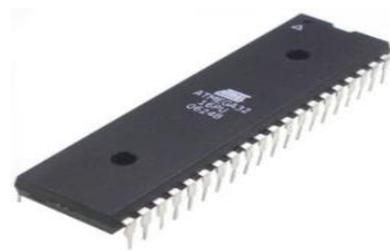
Sensor SRF-04 bekerja pada frekuensi 40 kHz. Tegangan kerja sensor adalah 5 Vdc. Kemampuan deteksi jarak maksimum sensor mencapai 10,7 meter dengan arus tenag 150 mA[6].

Sensor suhu LM35 merupakan komponen elektronika yang mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan analog. Sinyal analog yang dihasilkan oleh sensor suhu akan diproses oleh mikrokontroler menjadi sinyal digital, dan diumpankan ke input mikrokontroler untuk diproses. Kelebihan sensor LM35 adalah akurasi yang tinggi dan kemudahan dalam perancangan. Sensor memiliki jangkauan tegangan output 1,2 V – 33 V, dengan kemampuan deteksi suhu –55 sampai +150°C[7][8].

Adapun sensor api (*flame detector*) adalah sistem sensor cerdas yang mampu mendeteksi posisi nyala api dengan ketelitian tinggi. Sensor terdiri dari penerima infra red, resistor, kapasitor, potensiometer, dan komparator YL-23 dalam bentuk modul. Sensor ini dapat mendeteksi cahaya infra red dengan panjang gelombang 700 nm – 1.000 nm. Modul bekerja pada tegangan 3,3 V – 5,2 V DC dengan output digital untuk mengindikasikan adanya sinyal. Output modul adalah perubahan arus. Sensitivitas diatur melalui resistor variabel *onboard* dengan sudut deteksi 60°[9].

C. Mikrokontroler ATmega 32

Mikrokontroler ATmega 32 adalah mikrokontroler 8 bit dari keluarga AVR dengan kapasitas penyimpanan *programmable flash* sebesar 32 kB. Bentuk fisik mikrokontroler ATmega 32 seperti diperlihatkan pada Gambar 4[10].

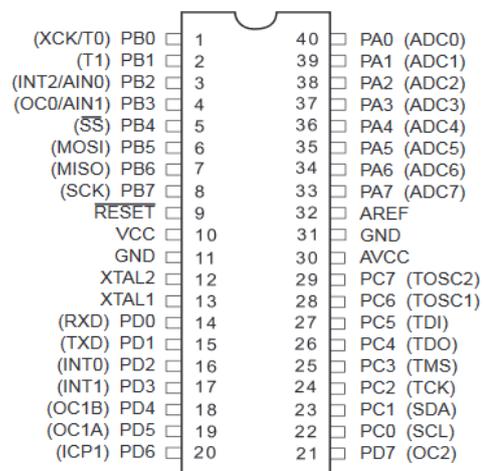


Gbr. 4 Mikrokontroler ATmega 32[10]

ATMEGA32 merupakan seri terkini dari kelompok MegaAVR. ATMEGA32 merupakan penerus dari generasi ATMEGA8 dan ATMEGA16. Sebagai generasi terbaru, ATMEGA32 tentu memiliki fitur yang lebih canggih dibandingkan dnegan generasi sebelumnya. ATMEGA32 memiliki kapasitas memori *programmable flash* sebesar 32 KB, dua kali lebih besar dari ATMEGA16. Selain itu ATMEGA32 juga memiliki EEPROM dan RAM dua kali lebih besar dari ATMEGA16, yaitu EEPROM sebesar 1 KB dan SRAM sebesar 2 KB.

IC ATMEGA32 memiliki 32 pin GPIO (*General Purpose Input Output*). Dari pin-pin ini bisa diprogram dalam berbagai fungsi seperti ADC, UART, INTERRUPT dan TIMER. Proses download program *flash* memori melalui sistem ISP (*In Syatem Programming*) juga dilakukan melalui GPIO ini.

Mikrokontroler ATMEGA32 dikemas dalam dua model, yaitu PDIP 40 Pin dan TQFP 44 pin. Kemasan PDIP (*Plastic Dual In Line Package*) adalah model yang umum dipakai, yaitu kemasan 2 buah kaki berjajar masing-masing 20 pin. Sedangkan kemasan TQFD (*Thin Quad Flat Pack*) adalah kemasan model SMD (*Surface Mount Device*) yang umum dipakai pada poduk pabrik[10]. Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 32 seperti diperlihatkan pada Gambar 5[10].



Gbr. 5 Mikrokontroler ATmega 32 Model PDIP 40 pin[10]

D. Actuator

*Actuator* merupakan alat yang digunakan untuk sistem pergerakan robot. Biasanya motor merupakan penggerak yang paling sering ditemukan pada sebuah robot. Motor yang banyak digunakan adalah motor

servo, stepper, dan motor dc. Motor DC disini digunakan untuk menggerakkan roda robot.

#### E. Pneumatik

Pneumatik adalah salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari fenomena udara yang dimampatkan, sehingga tekanan yang terjadi akan menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak atau aktuasi pada *actuator*. Sistem kerja komponen pneumatik menyerupai sistem kerja dari kontrol listrik. Adapun sistem kontrol listrik berasal dari catu daya (24 Volt DC, 12 Volt DC, dan lain-lain). Maka untuk sistem pneumatik menggunakan udara bertekanan sebagai sumber energi. Udara bertekanan ini dihasilkan oleh alat yang bernama *Air Compressor*[11].

#### F. Apar

Alat pemadam api ringan (APAR) adalah alat perlindungan aktif yang digunakan untuk memadamkan api atau mengendalikan kebakaran yang masih kecil. APAR tidak dirancang untuk digunakan pada kebakaran yang sudah tidak terkontrol, misalnya ketika api sudah membesar hingga membakar langit-langit.

Tipe APAR yang paling umum adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan *Dry Chemical Powder* (Serbuk Kimia Kering). Tipe alat pemadam kebakaran tersebut diperuntukkan untuk kelas kebakaran B dan C, yaitu kebakaran pada bahan cair dan listrik. Khusus Apar tipe chemical powder, juga dapat diperuntukkan pada kelas A, yaitu kebakaran pada kayu, kertas, kain, plastik, dan lain-lain. Apar tipe CO<sub>2</sub> seperti diperlihatkan pada Gambar 6[12].



Gbr. 6 Apar Tipe Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Robot pemadam api otomatis diuji dengan tujuan sebagai berikut:

1. untuk mengetahui apakah pemadaman sumber kebakaran dan pemberitahuan terjadinya kebakaran bekerja sesuai dengan sistem yang telah dirancang, dan
2. untuk mengetahui apakah sensor dapat mendeteksi keberadaan sumber kebakaran melalui perubahan kondisi di dalam gedung penyimpanan barang.

#### A. Pengujian Kinerja Sensor

Pengujian kinerja sensor pencari api dilakukan dengan mengukur tegangan output sensor. pada sensor pencari api ini, kondisi gelap diketahui jika tegangan output sensor 3,3 V, dan kondisi ada api diketahui jika tegangan output sensor 0,16 V, seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel I  
Pengujian Output Sensor Pencari Api

No.	Kondisi	Data Serial	Tegangan Output
1.	Gelap	862	3,3 Volt
2.	Ada Api	348	0,16 Volt

Demikian juga dengan pengujian sensor suhu. Kondisi tidak ada nyala api diketahui jika tegangan output sensor suhu 295,3 mV dengan suhu 51,76°C. sementara adanya api, atau kondisi suhu bahaya diketahui jika tegangan output sensor suhu 546 mV dengan suhu 80,1°C.

Tabel II  
Pengujian Output Sensor Suhu LM35

No.	Kondisi	Data Serial	Tegangan Output
1.	Tidak Ada Api	51,76°C	295,3 mV
2.	Suhu Bahaya	80,1°C	546 mV

#### B. Pengujian Rangkaian Driver Motor

Robot ini memiliki beberapa aksi yang tentunya berbeda dengan kecepatan pada tiap-tiap aksinya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui arah gerak dari motor driver. Pada pengujian ini dilakukan pengujian terhadap kinerja motor DC dan rangkaian driver motor. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel III  
Pengujian Rangkaian Driver Motor

Pin Input				Arah Putaran		Kondisi
IN1	IN2	IN3	IN4	EN A	EN B	
0	1	0	1	Logika 1	Logika 1	Maju
1	0	1	0	Logika 0	Logika 0	Mundur
1	0	0	1	Logika 1	Logika 0	Kanan
0	1	1	0	Logika 0	Logika 1	Kiri

Keterangan:

IN1, IN2, IN3, dan IN4 = input IC (Logika 1/0)

EN A (*Enable A*) = mengaktifkan/ menonaktifkan motor kiri

ENB (*Enable B*) = mengaktifkan/menonaktifkan motor kanan

Kondisi = keterangan arah gerak motor.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwasanya driver motor memiliki 4 buah *input* dan 4 buah *output*. Masing-masing *input* menentukan gerak maju dan mundur motor yang terhubung pada output apabila diberikan logika 0/1. Motor kiri dan motor kanan akan bergerak maju apabila diberikan logika IN1= 0, IN2=1, IN3=0, dan IN4=1. Motor kiri dan motor kanan akan

bergerak mundur apabila diberi logika IN1=1, IN2=0, IN3=1, dan IN4=0. Motor kiri akan bergerak maju dan motor kanan akan bergerak mundur jika diberi logika IN1=1, IN2=0, IN3=0, dan IN4=1, sehingga pergerakan dari robot akan belok ke arah kanan. Motor kanan akan bergerak maju dan motor kiri akan bergerak mundur jika diberi logika IN1=0 dan IN2=1, IN3=1, dan IN4=0, sehingga pergerakan dari robot akan belok ke arah kiri.

C. Pengujian Rangkaian Sensor Ultrasonic

Pengujian sensor *ultrasonic* dilakukan untuk menguji kemampuan navigasi pada robot, dengan memberikan halangan didepan sensor pada jarak-jarak tertentu. Robot akan bergerak mengikuti dinding jika robot tidak mendeteksi adanya api. Penyesuaian jarak sensor dengan dinding dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel IV  
Pengujian Rangkaian Sensor Ultrasonic

Input Jarak Sensor dengan Dinding (cm)			Gerak Motor				Kondisi
Sensor Depan	Sensor Kiri depan	Sensor Kiri belakang	Sensor Kanan depan	Sensor Kanan belakang	Motor Kiri	Motor Kanan	
>25cm	15cm	15cm	-	-	Maju	Maju	Maju Terus
<25cm	15cm	15cm	-	-	Maju	Mundur	Belok Kanan
>25cm	>15cm	>15cm	-	-	Mundur	Maju	Belok Kiri

Keterangan:  
 Sensor depan = sensor *ultrasonic* depan  
 Sensor kiri depan = sensor *ultrasonic* kiri depan  
 Sensor kiri belakang = sensor *ultrasonic* kiri belakang  
 Sensor kanan depan = sensor *ultrasonic* kanan depan  
 Sensor kanan belakang = sensor *ultrasonic* kanan belakang  
 Gerak motor = arah putaran motor kiri dan motor kanan  
 Kondisi = arah yang akan dituju oleh robot  
 (<) = kecil dari  
 (>) = besar dari  
 (-) = tidak berpengaruh terhadap jarak.

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa *input* dari sensor menentukan arah pergerakan motor. Jika jarak deteksi sensor depan >25 cm, sensor kiri depan = 15 cm, dan sensor kiri belakang = 15 cm, maka robot akan bergerak maju. Apabila sensor depan <25 cm, sensor kiri depan = 15 cm, dan sensor kiri belakang = 15 cm, maka robot akan belok ke kanan. Sementara jika sensor depan >25 cm, sensor kiri depan >15cm, sensor kiri belakang >15cm, maka robot akan belok ke kiri.

Contoh listing program yang diupload ke mikrokontroler seperti diperlihatkan pada Gambar 7.

```

1 |
2 | #include <Wire.h>
3 | #include <LiquidCrystal_PCF8574.h>
4 | #include <Ultrasonic.h>
5 | #include <math.h>
6 |
7 | // Konfigurasi Umum =====
8 | int batasDepan = 30; //kebutuhan akan maksimal range ultrasonic
9 | int batasKanan = 15; //kebutuhan akan maksimal range ultrasonic
10 | int batasKiri = 15; //kebutuhan akan maksimal range ultrasonic
11 |
    
```

Gbr. 7 Contoh Listing Program di Mikrokontroler

D. Pengujian Kinerja Sistem

Tabel 5 adalah hasil pengujian sensor pencari api sebagai pendeteksi api dalam ruangan. Dari pengujian sistem yang dilakukan dapat dilihat bahwa kerja sensor pencari api mengalami perubahan data nilai serial yang ditampilkan LCD secara linier. Hal ini sesuai dengan penjelasan dari tabel hasil kinerja sensor. Pada saat sensor api mendeteksi adanya api, maka data serial yang dihasilkan akan berubah dari kondisi normal ke kondisi dideteksi ada api. Semakin besar cahaya api dari sumber lilin maka data serial yang dihasilkan akan semakin rendah.

Tabel V  
Pengujian Sensor Pencari Api sebagai Pendeteksi Api dalam Ruang

No.	Kondisi Lilin	Nilai Terdeteksi	Output Sensor	Pneumatik	Buzer
1.	1 Lilin	602	0,150	On	On
2.	2 Lilin	439	0,152	On	On
3.	3 Lilin	388	0,136	On	On
4.	4 Lilin	386	0,132	On	On
5.	5 Lilin	364	0,118	On	On
6.	6 Lilin	348	0,114	On	On
7.	7 Lilin	323	0,108	On	On
8.	8 Lilin	322	0,106	On	On
9.	9 Lilin	320	0,105	On	On
10.	10 Lilin	321	0,103	On	On

Perubahan nilai tegangan yang dihasilkan oleh sensor api, diproses oleh mikrokontroler untuk mendapatkan suatu *output* setelah *set point* yang diinginkan tercapai. Jika sensor api tersebut mendeteksi kembali adanya api, maka sistem tersebut akan kembali bekerja.

Tabel 6 adalah hasil pengujian sensor suhu sebagai pendeteksi suhu dalam ruangan. Suhu ruangan dikondisikan menggunakan sebuah media yang dipanaskan dengan solder. Dari pengujian sensor suhu dapat dilihat perubahan nilai suhu yang ditampilkan pada LCD, seiring dengan pemanasan media menggunakan solder.

Tabel VI  
Penguujian Sensor Suhu sebagai Pendeteksi Suhu dalam Ruang menggunakan Media Pemanasan Solder

No.	Waktu Pemanasan (detik)	Suhu Terdeteksi	Output Sensor (V)	Pneumatik	Buzzer
1.	10	44,2°C	0.50	Off	Off
2.	15	50,1°C	0.65	Off	Off
3.	20	56,3°C	0.98	Off	Off
4.	25	62,3°C	0.98	On	On

Perubahan nilai tegangan yang dihasilkan oleh sensor suhu dapat diproses oleh mikrokontroler, untuk mendapatkan suatu *output* setelah *set point* yang diinginkan tercapai. Jika sensor suhu tersebut mendeteksi kembali adanya perubahan suhu, maka sistem tersebut akan kembali bekerja.

#### E. Penguujian Mikrokontroler

Mikrokontroler mengoperasikan alat atau modul sesuai dengan perintah program. semua *input* akan diproses oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan *output* yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler akan memberi perintah pada saat sensor yang digunakan sebagai detektor bekerja sesuai *input*. *Input* data akan diterima oleh mikrokontroler melalui *output* data dari modul-modul sensor yang digunakan, yaitu sensor pendeteksi api, jarak, dan suhu. Output data mikrokontroler mengaktifkan pneumatik untuk menghidupkan apar dan buzzer.

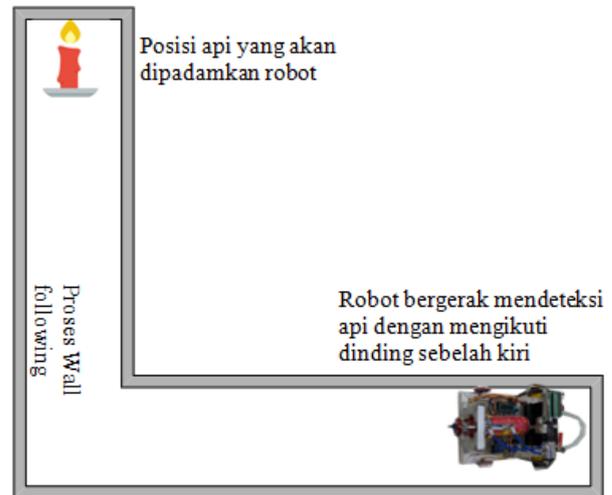
Selama sistem dijalankan, LCD langsung menampilkan data serial *output* dari sensor api dan suhu, seperti contoh tampilan pada Gambar 8. Selama sistem masih menyala, maka pembacaan nilai output sensor akan terus ditampilkan oleh LCD.



Gbr. 8 Contoh Tampilan Suhu Ruangan pada LCD

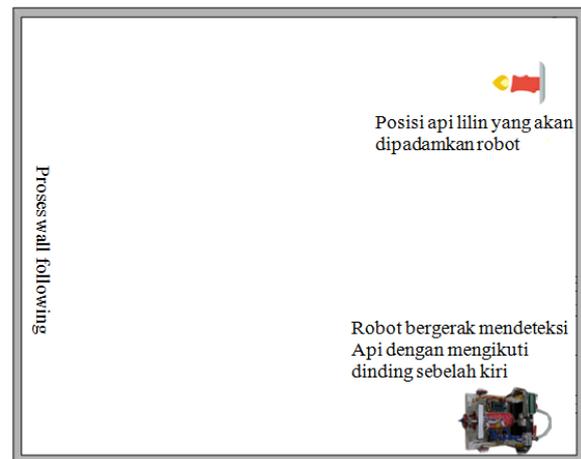
#### F. Penguujian Kinerja Robot

Penguujian robot pemadam api dilakukan dengan menempatkan robot pada sebuah area penguujian, seperti diperlihatkan pada Gambar 9. Pada area L ini, robot berjalan menggunakan proses *wall following* (menyusuri dinding). Posisi robot tidak berhadapan langsung dengan sumber api, namun dibatasi oleh dinding. Robot akan berjalan mengikuti dinding sebelah kiri. Jika robot tidak mendeteksi adanya dinding dibelah kiri, maka robot akan berbelok ke kiri sesuai dengan nilai *error* yang diberikan. Apabila robot telah mendeteksi adanya titik api, maka api akan dipadamkan sampai benar-benar padam.



Gbr. 9 Penguujian Robot Pemadam Api Menggunakan (Jalur L)

Penguujian lain dilakukan pada area persegi, seperti diperlihatkan pada Gambar 10. Pada area ini, robot berjalan menggunakan proses *wall following*. Robot memiliki ruang gerak yang lebih luas, sehingga roda mudah berputar ke kanan/kiri sesuai dengan keberadaan titik api itu berada. Apabila robot telah menemukan titik api, maka robot akan berhenti dan mikrokontroler akan memberikan perintah kepada pneumatik untuk memberikan tekanan ke apar (apar aktif), dan buzzer akan berbunyi untuk memberikan peringatan bahwasanya api sedang dipadamkan. Jika api telah padam, maka bunyi buzzer akan berhenti.



Gbr. 10 Penguujian Robot Pemadam Api pada Area Persegi

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penguujian dan analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Navigasi robot bekerja sesuai dengan perintah program yang telah dibuat.
2. Robot dapat mengoperasikan apar untuk memadamkan api, dan buzzer dapat berbunyi selama api belum padam.
3. Hasil deteksi suhu ruangan berhasil ditampilkan pada LCD.

4. Proses pemadaman api oleh robot berlangsung secara otomatis, saat robot menemukan sumber api.
5. Hasil pengujian sensor api menggunakan media lilin pada suatu ruangan dengan kondisi lilin 1 menghasilkan nilai 602, pneumatik aktif dan buzzer berbunyi. Semakin besar api maka nilai yang diperoleh semakin rendah.
6. Pengujian sensor suhu menggunakan media solder dengan waktu 10 detik, suhu yang terdeteksi bernilai 44,2°C, dengan *output* sensor 0,50 V. Pneumatik dan buzzer akan non-aktif. Sedangkan dengan waktu 25 detik, suhu yang terdeteksi bernilai 62,3°C, dengan *output* sensor 0,98 V. Pneumatik dan buzzer akan aktif.

## REFERENSI

- [1] Andrianto, H. (2015). *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (CodeVisionAVR) Revisi ke-2*. Bandung: Informatika.
- [2] Suryatini, F., Kustija, J., & Haritman, E. (2013). Robot Cerdas Pemadam Api Menggunakan Ping Ultrasonic Range Finder dan UVTRON Flame Detector Berbasis Mikrokontroler ATmega 128. *ELECTRANS*, 12 (1), 29-38
- [3] Alfith. (2016). Perancangan Robot Cerdas Pemadam Api dengan Sensor Thermal Array TPA 81 Berbasis Microcontroller Arduino Mega 2560. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 5 (2), 95-102.
- [4] Jupii, K., & Toar, F. A. V. (2008). Robot Cerdas Berkaki Pemadam Api. *Widya Teknik*, 7 (2), 168-177.
- [5] Umam, C., Kamal, M., & Finawan, A. (2017). Rancang Bangun Robot Pemadam Api Menggunakan Teknik Wall Following. *JURNAL TEKTRONIKA*, 1(1), 29-35.
- [6] Anonymous. (2021). *SRF04 - Ultra-Sonic Ranger Technical Specification*. Diakses pada 2021, dari [www.robot-electronics.co.uk](http://www.robot-electronics.co.uk): <https://www.robot-electronics.co.uk/html/srf04tech.htm>
- [7] Fairchild Semiconductor. (2001). *LM350 Datasheet*. Diakses pada 2021, dari Fairchild Semiconductor: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/53583/FAIRCHILD/LM350.html>.
- [8] Anonymous. (2 Oktober 2018). *Sensor LM35*. Diakses pada 2021, dari Menara Ilmu Mikrokontroler Universitas Gadjah Mada: <https://mikrokontroler.mipa.ugm.ac.id/2018/10/02/sensor-lm-35/>
- [9] Anonymous. (2021). *Flame Sensor Module*. Diakses pada 2021, dari [PCBoard.ca](http://PCBoard.ca): <https://www.pcboard.ca/flame-sensor-module>
- [10] Anonymous. (2017). Pengertian Mikrokontroler ATmega32. Diakses pada 2021, dari MreneSinau: <https://mrenesinau.web.id/pengertian-mikrokontroler-atmega32/>
- [11] Syahril, A., & Hidayat, M. F. (April, 2018). Perancangan Ulang Peralatan Pneumatik Berbasis Programmable Logic Control (PLC) untuk Kegiatan Praktikum. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, 40-49.
- [12] Anonymous. (22 Januari 2014). Penempatan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) Baru. Diakses pada 2021, dari Unit Pelaksana Teknis Pengamanan Lingkungan Kampus Universitas Indonesia: <https://plk.ui.ac.id/new/penempatan-alat-pemadam-api-ringan-apar-baru/>