

Analisis Kemampuan Deteksi Pemadaman Api Berdasarkan Parameter Jarak Serta Ketinggian Dalam Labirin

Jibran Nasrullah ¹, Habib Azhar ¹

¹ Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Lampung, Jl. Soekarno Hatta No.10, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Dikirim: 19 Januari 2026
Revisi: 24 Februari 2026
Terbit : 28 Februari 2026

KATA KUNCI

Robot, Pemadam, Sensor, Api, Labirin

KORESPONDEN

Nama: Jibran Nasrullah
E-mail: jibrannasrullah18@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis performa robot pemadam api dalam mendeteksi dan memadamkan api berdasarkan variasi jarak dan ketinggian sumber api dalam lingkungan labirin. Sistem menggunakan Arduino Mega sebagai pengontrol utama, sensor *flame 5 channel*, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor garis TCRT5000, serta modul kipas sebagai aktuator pemadam. Pengujian dilakukan pada arena labirin dengan variasi jarak 5 cm hingga 25 cm dan rentang ketinggian api 12 cm hingga 15,5 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor api mampu mendeteksi nyala api hingga jarak 30 cm, namun jarak operasional paling efektif untuk pemadaman berada pada rentang kurang dari 25 cm. Rata-rata durasi pemadaman api tercatat berkisar antara 1,93 detik hingga 2,40 detik. Robot mampu melakukan navigasi mandiri kembali ke *homebase* setelah proses pemadaman selesai. Kesimpulannya, parameter jarak dan ketinggian api sangat memengaruhi keberhasilan pemadaman, di mana posisi sensor harus sejajar dengan titik api untuk hasil yang optimal.

PENDAHULUAN

Salah satu situasi darurat yang bisa terjadi kapan saja dan di mana saja. Jika tidak dikelola dengan baik, api bisa menyebabkan kerugian besar, baik dalam harta benda maupun keamanan manusia. Saat ini teknologi terus berkembang dan memberikan berbagai solusi, salah satunya adalah dengan menggunakan robot pemadam api otomatis. Salah satu keadaan darurat yang bisa terjadi kapan saja dan di mana saja. Jika tidak dikelola dengan tepat, kebakaran dapat menyebabkan kerugian besar, baik berupa kerusakan barang maupun bahaya bagi nyawa manusia. Sekarang teknologi semakin berkembang dan memberikan berbagai solusi, salah satunya adalah dengan menggunakan robot pemadam api otomatis. Robot ini dibuat untuk membantu dalam situasi kecil, terutama untuk mendeteksi api dan pendinginannya secara mandiri. Dengan menggunakan sensor api, sensor ultrasonik, dan kipas sebagai alat pemadam, robot ini diharapkan dapat mengurangi bahaya dan memberi lebih banyak waktu bagi manusia untuk melakukan langkah selanjutnya. Selain sebagai bentuk inovasi yang berguna, proyek ini juga berfungsi sebagai sarana belajar teknis di bidang robotika dan sistem kontrol otomatis[1].

Penelitian mengenai robot pemadam api terus berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Beberapa studi terbaru fokus pada penggunaan *Deep Learning* dan kamera termal untuk klasifikasi material terbakar[2], serta penggunaan *mm-Wave Radar* untuk navigasi di lingkungan berasap pekat [3]. Selain itu, terdapat inovasi deteksi api berbasis akustik [4] dan penggunaan

mekanisme roda transformabel untuk medan ekstrem [5], serta optimasi algoritma YOLOv4 pada mikrokontroler untuk deteksi citra api [6].

Meskipun teknologi-teknologi tersebut menawarkan akurasi tinggi, implementasinya membutuhkan biaya komputasi yang besar dan perangkat keras yang mahal. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengembangan sistem robot otomatis yang efisien dan ekonomis menggunakan Arduino Mega dengan integrasi *Flame Sensor 5 Channel* untuk cakupan deteksi 180 derajat tanpa memerlukan aktuator tambahan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang fokus pada pengolahan citra yang kompleks, penelitian ini mengoptimalkan respons navigasi melalui perpaduan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai penghindar rintangan dan sensor garis TCRT5000 untuk fungsi *auto-return* (kembali ke *homebase*). Hal ini memastikan robot tetap stabil dan presisi dalam simulasi area labirin dengan biaya produksi yang jauh lebih terjangkau.

METODE

Perancangan Perangkat Keras

Perancangan sistem robot pemadam api ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai unit kontrol utama. Arduino Mega adalah papan mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengontrol utama dalam sistem robot pemadam api ini[7].

Pemilihan Arduino Mega didasarkan pada ketersediaan pin I/O yang luas, yang memungkinkan integrasi banyak sensor secara bersamaan. Komponen utama pendukung sistem ini meliputi:

Sensor Flame 5 Channel

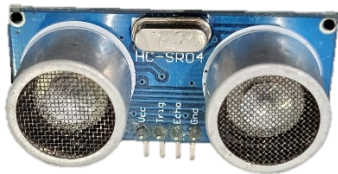
Sensor api merupakan komponen krusial pada robot pemadam kebakaran yang berfungsi mendeteksi keberadaan api secara otomatis melalui radiasi inframerah pada panjang gelombang 700 hingga 1100 nm. Meskipun radiasi ini tidak kasat mata, sensor mampu mengubahnya menjadi sinyal listrik menggunakan transduser inframerah dengan respon yang sangat cepat[8]. Kemampuannya untuk merespons adanya api secara cepat membuat sensor ini sangat penting dalam sistem deteksi otomatis pada robot[9]



Gambar 1 Sensor Flame 5 Channel

Sensor Ultrasonik HC-SR04

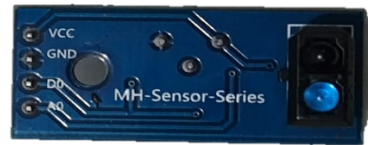
Sensor ultrasonik seperti HC-SR04 adalah bagian penting dalam robot pemadam api yang bekerja sendiri. Sensor ini berfungsi seperti sistem navigasi, yaitu dengan memancarkan gelombang ultrasonik lalu mendengarkan pantulannya untuk mengetahui jarak benda-benda di sekitar[10]. HC-SR04 dapat mendeteksi benda dengan jarak 2 cm sampai 400 cm dan sudut pengukuran kira-kira 15 derajat. Teknologi ini memungkinkan robot dapat mengenali halangan di sepanjang jalur dan menghindarinya[11]



Gambar 1 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Garis TCRT5000

Sensor garis TCRT5000 digunakan untuk membedakan warna permukaan, terutama antara warna hitam dan putih, dengan cara menggabungkan refleksi cahaya inframerah[12]. Dalam proyek robot pemadam api ini, sensor ini berperan dalam mendeteksi posisi homebase atau titik awal serta titik akhir pergerakan robot. Sensor ini menggunakan IC komparator untuk membandingkan refleksi cahaya, kemudian menghasilkan sinyal digital berupa *high* atau *low* berdasarkan warna yang terdeteksi. Saat Arduino mendeteksi warna gelap seperti hitam, sinyal yang dikirim berbeda dibandingkan saat membaca warna terang, dan sinyal ini digunakan oleh Arduino untuk menentukan



Gambar 2 Sensor Garis TCRT5000

Motor DC

Motor DC pada robot pemadam api bertugas sebagai penggerak utama yang memungkinkan robot bergerak maju, mundur, serta berbelok ke arah kiri atau kanan. Motor bekerja dengan cara mengubah arus listrik searah (DC) menjadi gerakan berputar, dan tingkat kecepatan putaran motor tergantung pada besarnya arus listrik yang masuk ke dalam motor[13]



Gambar 3 Motor DC

Modul Kipas

Sistem pemadam pada robot ini memanfaatkan modul kipas yang digerakkan oleh motor DC arus searah. Penggunaan motor DC sebagai aktuator memungkinkan respon pemadaman yang cepat segera setelah *flame sensor* mengirimkan sinyal deteksi api ke mikrokontroler. Mekanisme ini memastikan api dapat dipadamkan secara efektif melalui aliran udara yang dihasilkan oleh putaran baling-baling kipas[14]



Gambar 4 Modul Kipas

Buzzer

Buzzer adalah bagian elektronik yang menerjemahkan getaran listrik menjadi bunyi. Komponen ini terbuat dari bahan piezoceramic yang ditempatkan di atas diafragma, kemudian bahan tersebut mengubah gerakan getaran menjadi gelombang suara. Untuk membuat suara yang lebih keras, *buzzer* menggunakan cara resonansi[15].

Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak untuk robot pemadam api ini dirancang menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan bantuan lingkungan pengembangan terintegrasi (IDE) Arduino. Pemrograman logika dibuat agar robot dapat bekerja sendiri dengan membagi pekerjaan menjadi tiga mode utama, yaitu mencari api, sinkronisasi api, dan kembali ke posisi awal secara otomatis.

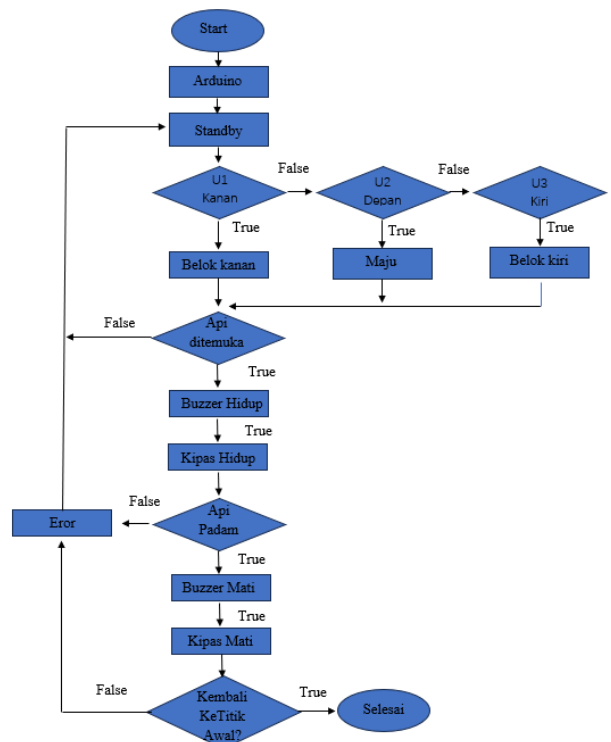
Alur Kerja Sistem (Flowchart)

Alur kerja sistem robot pemadam api ini dirancang dalam satu kesatuan logika yang terintegrasi, mulai dari tahap inialisasi hingga robot kembali ke posisi semula. Penjelasan alur kerja tersebut digambarkan melalui *flowchart* pada Gambar 6 dengan rincian tahapan sebagai berikut:

Proses dimulai saat robot dinyalakan, di mana Arduino Mega melakukan inialisasi terhadap seluruh pin dan sensor. Setelah sistem siap, robot akan bergerak maju menelusuri area labirin. Selama pergerakan ini, robot secara aktif menjalankan dua fungsi pemantauan sekaligus: navigasi dan deteksi. Sensor ultrasonik berfungsi sebagai sistem navigasi yang mendeteksi rintangan; jika terdapat halangan di depan, robot secara otomatis akan berbelok untuk mencari jalur kosong agar tidak menabrak.

Bersamaan dengan navigasi tersebut, *flame sensor 5 channel* terus memindai radiasi inframerah dari sumber api. Apabila salah satu sensor mendeteksi keberadaan api, robot akan segera menghentikan pergerakannya dan memposisikan diri tepat di depan titik api. Pada tahap ini, Arduino akan mengaktifkan modul kipas untuk melakukan pemadaman. Robot akan tetap berada di posisi tersebut hingga sensor api memberikan sinyal bahwa api telah padam sepenuhnya.

Setelah tugas pemadaman selesai, robot memasuki tahap akhir yaitu prosedur *auto-return*. Robot akan beralih ke mode pembaca garis menggunakan sensor TCRT5000 untuk menemukan garis pemandu di lantai. Dengan mengikuti garis tersebut, robot dapat kembali secara otomatis menuju titik awal (*homebase*). Proses berakhir setelah robot mencapai posisi semula dan sistem masuk ke kondisi berhenti total.



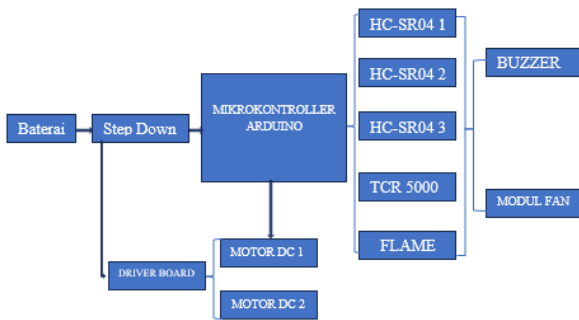
Gambar 5 Flowchart

Arsitektur Blok Diagram Sistem

Untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai aliran data dan kontrol pada robot, Gambar 7 menyajikan blok diagram sistem yang dirancang secara terintegrasi. Arsitektur ini membagi sistem ke dalam tiga hierarki utama, yaitu unit masukan (*input*), unit kendali (*processing*), dan unit keluaran (*output*).

Pada unit masukan, sistem mengandalkan sinyal dari tiga sensor utama. *Flame sensor 5 channel* berfungsi sebagai pendeteksi radiasi inframerah dari api, sensor ultrasonik HC-SR04 memantau jarak terhadap objek di sekitar untuk menghindari benturan, dan sensor garis TCRT5000 bertugas mengenali marka jalan. Seluruh informasi analog maupun digital dari sensor-sensor tersebut dikirimkan menuju Arduino Mega 2560.

Sebagai unit kendali pusat, arduino mega mengolah data masukan berdasarkan algoritma yang telah ditanamkan untuk mengambil keputusan navigasi dan eksekusi pemadaman. Hasil pemrosesan kemudian diteruskan ke unit keluaran. Unit ini melibatkan *driver* motor L298N yang mengatur arus listrik menuju motor DC untuk pergerakan roda, serta mengaktifkan modul kipas sebagai aktuatur utama untuk menghembuskan udara tepat ke arah titik api hingga api dinyatakan padam.



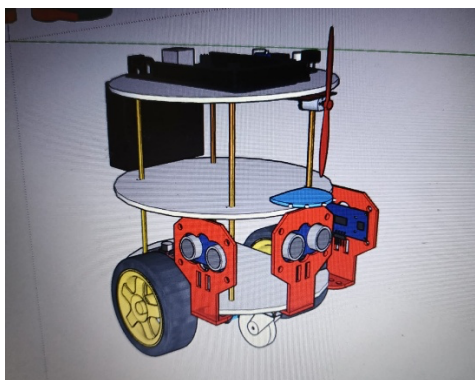
Gambar 6 Arsitektur Blok Diagram Sistem

Desain Mekanis dan Tata Letak Komponen

Struktur fisik robot dikembangkan menggunakan sasis *double-decker* untuk menjamin stabilitas distribusi beban saat bermanuver di dalam labirin. Rancangan ini memisahkan area mekanik di bagian bawah dengan kompartemen elektronik di bagian atas guna mempermudah manajemen kabel dan pemeliharaan komponen, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 8.

Penempatan instrumen pada sasis diatur secara strategis untuk memaksimalkan kinerja sistem. Pada bagian paling depan, *Sensor Flame 5 Channel* dipasang dengan formasi melengkung agar memiliki cakupan pandang hingga 180 derajat, sehingga robot dapat mendeteksi api dari berbagai sisi tanpa perlu melakukan rotasi tubuh. Tepat di atasnya, modul kipas diletakkan sejajar dengan arah deteksi sensor supaya hembusan angin dapat langsung terkonsentrasi pada pusat api saat robot berhenti.

Untuk keperluan navigasi, sensor ultrasonik dipasang pada titik tengah depan dengan ketinggian yang disesuaikan agar pantulan gelombang pada dinding labirin tetap akurat. Sementara itu, untuk mendukung prosedur *auto-return*, sensor garis TCRT5000 ditempatkan pada bagian kolong sasis dengan jarak yang sangat dekat ke permukaan lantai guna mendapatkan kontras cahaya optimal saat mendeteksi jalur pemandu menuju *homebase*.

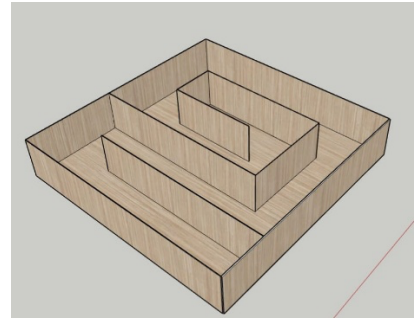


Gambar 7 Desain Mekanis dan Tata Letak Komponen

Lingkungan Pengujian (Labirin)

Lingkungan simulasi yang digunakan dalam penelitian ini berupa labirin yang merepresentasikan lorong bangunan, seperti diperlihatkan pada Gambar 9. Labirin ini dibangun menggunakan panel berbahan kayu dengan tekstur permukaan yang rata untuk memastikan pantulan gelombang dari ketiga sensor ultrasonik tetap konsisten saat robot melakukan navigasi di sepanjang jalur

Hal ini bertujuan untuk menguji tingkat kecerdasan algoritma navigasi robot dalam mengandalkan sensor ultrasonik sepenuhnya untuk mendeteksi dinding dan mencari jalan keluar secara mandiri. Tata ruang yang memiliki persimpangan dan tikungan tajam ini dirancang khusus untuk menguji ketangkasan sistem *obstacle avoidance*, sekaligus mengukur seberapa efektif cakupan 180° dari flame sensor 5 channel dalam menemukan sumber api di area yang terisolasi



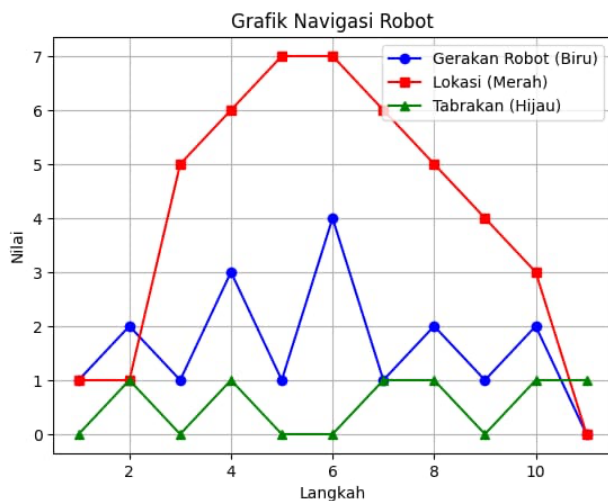
Gambar 8 Lingkungan Pengujian (Labirin)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan seluruh temuan dari serangkaian pengujian yang dilakukan terhadap robot pemadam api. Fokus utamanya adalah mengevaluasi keandalan navigasi di dalam labirin serta akurasi sistem dalam merespons sumber api berdasarkan jarak dan ketinggian yang bervariasi.

Tabel 1 Pengujian Navigasi Robot

No	Gerakan Robot	Lokasi	Terjadi Tabrakan	Keterangan
1	Jalan maju	Lorong 1	Tidak	Aman
2	Belok Kanan	Lorong 1	Ya	-
3	Jalan Maju	Lorong 2-5	Tidak	Aman
4	Belok Kiri	Lorong 6	Ya	-
5	Jalan Maju	Lorong Api	Tidak	Menuju api
6	Balik Kanan	Lorong Api	Tidak	Padam api
7	Jalan Maju	Lorong 6	Ya	Sensor menyentuh dinding
8	Belok Kanan	Lorong 5	Ya	-
9	Jalan Maju	Lorong 4	Tidak	Aman
10	Belok Kanan	Lorong 3	Ya	-
11	Berhenti	Titik Hitam	Ya	Homebase

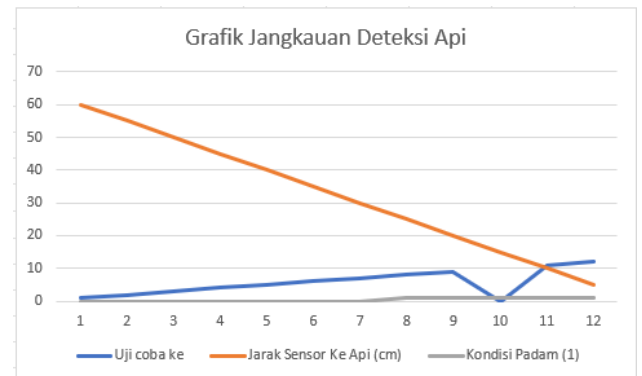


Gambar 9 Navigasi Robot

Berdasarkan data rekaman uji coba pada Tabel 1, robot ini telah mampu mengenali jalur labirin dengan sangat baik dan menyelesaikan seluruh rute secara mandiri tanpa bantuan garis pandu di lantai. Robot berhasil memulai navigasi dari pintu masuk, menemukan titik api, hingga kembali berhenti di titik awal (*homebase*). Meskipun misi selesai sepenuhnya, terdapat beberapa catatan lapangan di mana robot meluncur sangat aman pada jalur lurus seperti di Lorong 1 hingga Lorong 5, namun sempat mengalami gesekan ringan pada titik belokan tajam seperti di Lorong 1 dan Lorong 6. Hal ini terjadi karena sudut belok yang sempit mengakibatkan sensor ultrasonik menyentuh permukaan dinding labirin sebelum robot sempurna mengubah arah. Saat perjalanan kembali ke titik akhir, robot juga terdeteksi beberapa kali bersentuhan dengan dinding di Lorong 6, 5, dan 3, tetapi sistem tetap stabil hingga akhirnya berhasil mendeteksi penanda titik hitam dengan nilai *threshold* 12 yang sangat akurat. Secara keseluruhan, navigasi mandiri ini dinyatakan fungsional karena gesekan yang terjadi hanya bersifat minor dan tidak mengganggu jalannya program utama dalam memadamkan api

Tabel 2 Analisis Jangkauan Deteksi Api

Uji coba ke	Jarak Sensor Ke Api (cm)	Kondisi Padam (1)
1	60	0
2	55	0
3	50	0
4	45	0
5	40	0
6	35	0
7	30	0
8	25	1
9	20	1
10	15	1
11	10	1
12	5	1

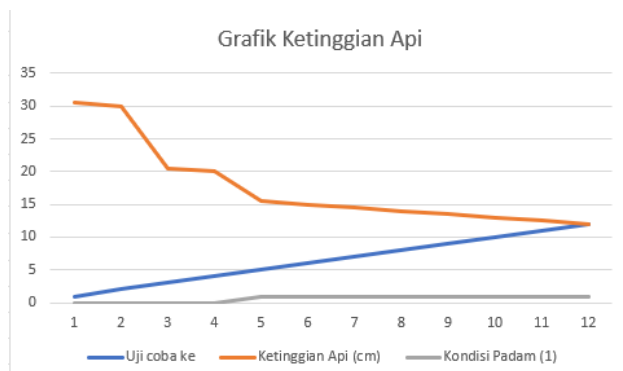


Gambar 10 Jangkauan Deteksi Api

Pengujian pada bagian ini difokuskan untuk menentukan jarak operasional optimal bagi sensor api 5 *channel* dalam mendeteksi keberadaan sumber api. Berdasarkan data yang tersaji pada Tabel 2, terlihat adanya korelasi langsung antara jarak posisi robot dengan keberhasilan sistem dalam melakukan pemadaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mulai bereaksi secara konsisten dan berhasil memadamkan api (kondisi 1) saat jarak antara sensor dan target berada pada angka kurang dari 25 cm. Sebaliknya, pada rentang jarak 30 cm hingga 60 cm, robot tidak menunjukkan respon pemadaman (kondisi 0). Hal ini disebabkan oleh penurunan intensitas radiasi panas yang diterima oleh *flame sensor* seiring bertambahnya jarak, sehingga nilai yang terbaca tidak mampu mencapai ambang batas (*threshold*) yang telah ditetapkan dalam logika pemrograman mikrokontroler. Dengan demikian, jarak 25 cm ditetapkan sebagai batas maksimal jangkauan efektif bagi robot untuk memulai prosedur pemadaman secara akurat.

Tabel 3 Data Hasil Uji Ketinggian Api

Uji coba ke	Ketinggian Api (cm)	Kondisi Padam (1)
1	30.5	0
2	30	0
3	20.5	0
4	20	0
5	15.5	1
6	15	1
7	14.5	1
8	14	1
9	13.5	1
10	13	1
11	12.5	1
12	12	1

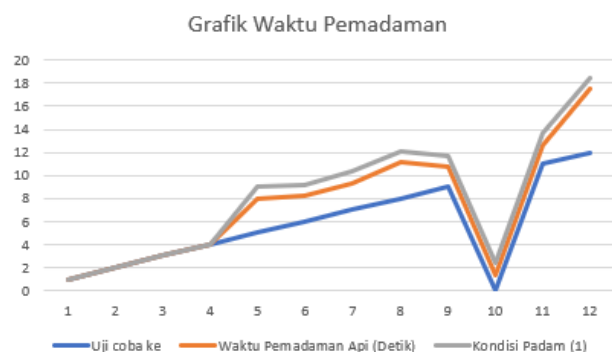


Gambar 11 Ketinggian Api

Pengujian ini bertujuan untuk melihat sejauh mana posisi vertikal titik api memengaruhi kinerja deteksi sensor dan ketepatan hembusan kipas. Berdasarkan hasil yang tercatat pada Tabel 3, posisi ketinggian api sangat menentukan apakah robot sanggup memadamkan api atau tidak. Dari data tersebut, robot terbukti bekerja sangat optimal saat api berada pada ketinggian 12 cm hingga 15,5 cm. Sebaliknya, ketika api diletakkan lebih tinggi, yakni pada 20 cm ke atas, robot selalu gagal melakukan pemadaman (kondisi 0). Hal ini terjadi karena posisi modul kipas pada badan robot dipasang secara permanen, sehingga saat api terlalu tinggi, hembusan angin tidak lagi mengenai pusat api meskipun sensor sudah mendeteksinya. Jadi, keberhasilan misi ini sangat bergantung pada sejajarnya tinggi api dengan arah angin dari kipas robot.

Tabel 4 Pengujian Waktu Pemadaman

Uji coba ke	Waktu Pemadaman Api (Detik)	Kondisi Padam (1)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	3.0	1
6	2.20	1
7	2.34	1
8	3.13	1
9	1.73	1
10	1.35	1
11	1.66	1
12	5.51	1



Gambar 12 Waktu Pemadaman

Selain aspek jarak dan ketinggian, durasi yang dibutuhkan robot untuk memadamkan api menjadi tolak ukur penting dalam

menilai performa sistem secara keseluruhan. Pengujian ini mencatat waktu respons mulai dari modul kipas aktif hingga sumber api dinyatakan benar-benar padam. Berdasarkan data pada Tabel 4, robot menunjukkan kemampuan pemadaman yang cukup cepat dengan rata-rata waktu di bawah 3 detik pada sebagian besar uji coba. Waktu tercepat yang berhasil dicatatkan adalah 1,35 detik, yang membuktikan bahwa kombinasi sensor dan kecepatan putaran kipas sudah bekerja sangat sinkron. Adapun pada uji coba ke-12 yang memakan waktu hingga 5,51 detik, hal ini biasanya dipengaruhi oleh posisi robot yang kurang simetris terhadap titik pusat api, sehingga hembusan angin membutuhkan waktu lebih lama untuk memadamkan sisa bara api secara total. Secara umum, sistem ini dinilai sangat efektif karena mampu menjinakkan api dalam waktu singkat segera setelah target terdeteksi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa robot pemadam api mandiri ini telah memenuhi kriteria fungsional yang direncanakan. Robot menunjukkan performa deteksi dan pemadaman yang sangat optimal pada jarak jangkauan kurang dari atau sama dengan 25 cm, karena pada jarak di atas 30 cm sensor tidak lagi mampu menangkap radiasi panas secara akurat. Selain faktor jarak, posisi vertikal titik api juga sangat menentukan keberhasilan misi, di mana efektivitas tertinggi diperoleh pada rentang ketinggian 12 cm hingga 15,5 cm agar hembusan kipas tetap sejajar dengan pusat api. Dari sisi efisiensi waktu, robot tergolong responsif dengan rata-rata durasi pemadaman di bawah 3 detik dan waktu tercepat mencapai 1,35 detik. Dalam hal navigasi, meskipun terdapat beberapa gesekan minor saat bermanuver di tikungan tajam, robot berhasil menyelesaikan seluruh rute labirin secara mandiri dan berhenti tepat di titik awal melalui deteksi marka hitam dengan nilai *threshold* 12 yang stabil. Secara keseluruhan, integrasi antara sistem sensor, logika pemrograman, dan aktuator telah berjalan dengan baik sehingga robot mampu menjalankan tugas pemadaman api di dalam labirin dengan tingkat keberhasilan yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak Politeknik Negeri Lampung serta Laboratorium yang telah memfasilitasi sarana dan prasarana selama proses penelitian berlangsung. Dukungan fasilitas tersebut sangat berperan penting dalam kelancaran pengujian navigasi serta sistem pemadaman pada robot ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas seluruh arahan, masukan, dan bimbingan teknis yang diberikan dari awal perancangan hingga laporan ini selesai. Tidak lupa, apresiasi setinggi-tingginya ditujukan kepada rekan-rekan anggota tim atas kerja sama, dedikasi, dan kerja kerasnya dalam melewati setiap tahap pengujian labirin yang menantang. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan teknologi robotika di lingkungan kampus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Muddin, M. Rizal, and A. Syani, "RANCANG BANGUN ROBOT CERDAS PEMADAM API MENGGUNAKAN TEKNIK NAVIGASI WALL FOLLOWER BERBASIS ARDUINO," vol. 17, no. c, pp. 88–93, 2022.
- [2] V. Loboichenko *et al.*, "Review of Advances in Fire Extinguishing Based on Computer Vision Applications : Methods , Challenges , and Future Directions," pp. 1–32, 2025.
- [3] Y. Jing, R. Sipahi, and J. Martinez-lorenzo, "Synchronized Multi-Directional FMCW mmWave Radar – Inertial Odometry : Robust Positioning and Autonomous Navigation Experiments for UAVs in Low-Light Indoor Environments," 2026.
- [4] P. F. Suawa, "Optimizing Sensor Placement for Event Detection : A Case Study in Gaseous Chemical Detection," 2025.
- [5] M. B. Vyshnavi, A. Satheesh, S. S. S, and L. C. Manikandan, "IoT Technology Based Fire-Fighter Robot," vol. 6, no. 3, pp. 934–941, 2020.
- [6] S. Li, Y. Wang, C. Feng, D. Zhang, H. Li, and W. Huang, "A Thermal Imaging Flame-Detection Model for Firefighting Robot Based on YOLOv4-F Model," pp. 1–18, 2022.
- [7] A. C. Gheorghe and C. I. Stoica, "Wireless Weather Station Using Arduino Mega and Arduino Nano," *Sci. Bull. Electr. Eng. Fac.*, vol. 21, no. 1, pp. 35–38, 2021, doi: 10.2478/sbeef-2021-0008.
- [8] R. Nandika, A. Pudir, and P. Gunoto, "Perancangan Robot Beroda Pemadam Api Dengan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Dan Flame Sensor 5 Channel Berbasis Arduino Uno," *Sigma Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 389–398, 2023, doi: 10.33373/sigmateknika.v6i2.5643.
- [9] M. A. Wijaya, R. Nur Ikhsan, and E. Sugianto, "Analisis Perbandingan Kinerja Antara Sensor Api Flame 5 Channel Dengan Sensor Asap MQ2," *Bull. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 4, pp. 231–238, 2022, doi: 10.47065/bit.v3i4.364.
- [10] I. Hudati, D. Y. Kusuma, N. B. Permatasari, and R. R. Pebriani, "Sensor Ultrasonik Waterproof A02YYUW Berbasis Arduino Uno pada Sistem Pengukuran Jarak," *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 14–19, 2021, doi: 10.22146/juliet.v2i2.71146.
- [11] T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, and A. Janrafsasih, "Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak," *J. Tera*, vol. 2, no. 2, pp. 55–62, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- [12] B. A. Prawiraatmaja, A. zulfa Himayati, A. B. Callista, and V. N. Azzahra, "Tcr 5000 Constant Current Regulator'S Safety Design Utilizing Programmable Logistic Control," *J. Airt. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–45, 2023, doi: 10.52989/jaet.v4i1.121.
- [13] I. W. A. W. Kusuma and S. Santoso, "Analisa Performa Motor Hy-2750b, Motor Mg995, Motor Ds3225mg, dan Motor 24h2a4428 sebagai Penggerak Portable Continuous Passive Motion (CPM)," *Elektrika*, vol. 15, no. 1, p. 49, 2023, doi: 10.26623/elektrika.v15i1.6362.
- [14] M. A. Wafeeq and T. D. Hendrawati, "Rancang Bangun Wall-Follower Robot Pendeteksi dan Pemadam Api Berbasis Internet of Things dengan Metode Fuzzy," 2023.
- [15] F. Nadziroh, F. Syafira, and S. Nooriansyah, "Alat Deteksi Intensitas Cahaya Berbasis Arduino Uno," *Indones. J. Intellect. Publ.*, vol. 1, no. 3, pp. 142–149, 2021, doi: 10.51577/ijpublication.v1i3.92.

NOMENKLATUR

Cm	Centimeter	Satuan panjang untuk jarak dan tinggi api
Detik	Second	Satuan waktu untuk durasi pemadaman
1	Kondisi padam	Api berhasil dipadamkan
0	Kondisi tidak padam	Api gagal dipadamkan
Flame sensor	Sensor api	Komponen pendeteksi keberadaan api
homebase	Titik awal	Lokasi mulai dan selesainya navigasi robot

BIODATA PENULIS

Jibran Nasrullah

Penulis saat ini merupakan mahasiswa program Sarjana Terapan (D4) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika, Jurusan Teknologi Informasi di Politeknik Negeri Lampung. Penulis memiliki fokus minat penelitian dan keahlian di bidang sistem tertanam (*embedded system*), robotika, serta pengembangan teknologi mikrokontroler berbasis Arduino. Karya ilmiah ini merupakan salah satu kontribusi penulis dalam mengaplikasikan ilmu robotika untuk solusi praktis di lapangan.

Habib Azhar

Penulis saat ini merupakan mahasiswa program Sarjana Terapan (D4) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika, Jurusan Teknologi Informasi di Politeknik Negeri Lampung. Penulis memiliki fokus minat penelitian dan keahlian di bidang sistem tertanam (*embedded system*), robotika, serta pengembangan teknologi mikrokontroler berbasis Arduino. Karya ilmiah ini merupakan salah satu kontribusi penulis dalam mengaplikasikan ilmu robotika untuk solusi praktis di lapangan.