

## Desain Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Suhu dan Sensor Api Berbasis IOT Dengan Metode Naive Bayes

Maria Wihelmina Lodan<sup>1\*</sup>, Yohanes Brekmans M. Darkel<sup>2</sup>, Henderikus Basilius Nong Muda<sup>3</sup>, Thomas Elvinus Duden Labamaking<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Nusa Nipa, Indonesia

<sup>1</sup>[lodanmarina@gmail.com](mailto:lodanmarina@gmail.com), <sup>2</sup>[yohanes.darkel@nusanipa.ac.id](mailto:yohanes.darkel@nusanipa.ac.id), <sup>3</sup>[henderikusmuda@gmail.com](mailto:henderikusmuda@gmail.com),

<sup>4</sup>[tomymaking11@gmail.com](mailto:tomymaking11@gmail.com)



### Histori Artikel:

Diajukan: 19 Juni 2024

Disetujui: 29 Juni 2024

Dipublikasi: 30 Juni 2024

### Kata Kunci:

Kebakaran; sensor suhu LM35; sensor api; naïve bayes; klasifikasi.

### Digital Transformation

*Technology (Digitech) is an Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).*

### Abstrak

Kebakaran menjadi sebuah masalah yang bisa terjadi dimana saja baik itu di gedung perkantoran, atau pun difasilitas umum. Datangnya kebakaran tidak dapat diprediksi. Sistem yang ada berupa pendeteksi adanya kebakaran atau tidak, jika ada kebakaran maka akan mengirim pemberitahuan pesan kepada pemilik rumah melalui smartphone. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu adanya sistem pendeteksi kebakaran yang dapat memberi peringatan lokasi titik terjadinya kebakaran agar para penghuni yang berada didalam bangunan segera melakukan evakuasi. Proses penentuan lokasi titik kebakaran melalui nilai suhu ruangan diperoleh dari hasil pembacaan sensor LM35 yang terhubung dengan Arduino sebagai mikrokontroler dengan menggunakan metode Naive Bayes. Sensor Lm35 akan membaca nilai suhu ruangan secara terus-menerus sehingga jika ada trigger sistem akan memberi peringatan ada kebakaran pada ruangan tertentu. Trigger diperoleh dari sensor flame untuk mendeteksi ada api atau tidak, ketika ada api maka sensor flame akan mengirim trigger kepada arduino dan memasukan nilai Lm35 ke dalam metode Naive Bayes. Simulasi menggunakan 3 titik lokasi ruangan tertutup dan ruangan terbuka saat sensor LM35 aktif bersamaan dengan jarak titik api dan sensor 3 cm, untuk mengetahui peluang terbesar terjadi suatu kebakaran pada ruangan tertutup dan ruangan terbuka. Peneliti menggunakan metode Naive Bayes untuk menentukan klasifikasi titik kebakaran. Metode ini dipilih karena merupakan salah satu metode klasifikasi yang cukup baik dimana kelas penggolongan titik kebakaran telah ditentukan sejak awal. Setelah penelitian dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan. Kesimpulan pertama desain sistem pendeteksi lokasi titik kebakaran pada ruangan tertutup dan terbuka dapat digunakan sesuai dengan rancangan, Kesimpulan kedua Akurasi klasifikasi peluang terjadi kebakran dengan algoritma Naive Bayes bisa diterapkan sesuai alur sistem, Kesimpulan ketiga Notifikasi smartphone android bisa diterapkan dengan komponen tambahan yang telah dirancang

## PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan peristiwa yang tidak diinginkan dan Terkadang tak terkendali, karena bersifat membahayakan lingkungan dan masyarakat (Dr.Osamah Ibrahim Khalaf, 2019), maka kebakaran di kategorikan sebagai salah satu bentuk bencana. peristiwa itu merupakan sebuah peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan, “Kasus kebakaran dapat terjadi dimana saja, baik terjadi di gedung-gedung, perumahan, pusat-pusat perbelanjaan maupun hutan (Trinath Basu et al., 2018). Penyebab kebakaran tersebut sangat beragam, misalkan membuang puntung rokok secara sembarangan atau terjadinya hubungan singkat arus listrik, ledakan dari tabung gas dan lain-lain yang dapat menimbulkan kebakaran skala besar. Namun masih banyak yang menghiraukan segi keamanan terutama dalam mengantisipasi kebakaran. Solusi yang ada hanyalah memadamkan api yang sudah terlanjur besar dengan kemampuan seadanya

Dari kondisi yang ada dibutuhkan sebuah system (A.T & P, 2020) yang dapat menampilkan peringatan (Priya & Bharathi, 2017) kebakaran yang terhubung ke pemilik rumah atau petugas sebuah perusahaan atau universitas, sehingga musibah kebakaran dapat diketahui dan diatasi secara cepat dan maksimal. Pada penelitian ini dihasilkan sebuah sistem yang dapat mendeteksi kebakaran menggunakan sensor (Dener et al., 2015) suhu LM35 untuk mendeteksi adanya asap dari kebakaran, dan sensor api (Nakip et al., 2021) yang dapat mendeteksi adanya api pada ruangan tertutup dan terbuka, dengan sebuah notifikasi (Singh et al., 2021) yang dapat mengirim pesan peringatan kepada pemilik rumah atau petugas yang berjaga melalui smartphone android yang menerima sms dari alat pendeteksi kebakaran bahwa terjadi tanda-tanda kebakaran pada ruangan tertentu, sistem ini berbasis

Internet Of Things (IoT) (Juwariyah et al., 2021) dan menggunakan alat berupa mikrokontroler Arduino (Kurniawan et al., 2021).

Mikrokontroler Arduino adalah sebuah sistem komputer fungsional berbasis ATmega328 (datasheet) dalam sebuah chip dengan beberapa pin input output, yang dapat dihubungkan dengan sensor suhu LM35 dan sensor api. Proses penentuan lokasi ruangan titik kebakaran melalui nilai suhu ruangan diperoleh dari hasil pembacaan sensor LM35 yang terhubung dengan Arduino mega sebagai mikrokontroler dengan menggunakan Metode Naive Bayes (Edbertus et al., 2020). Desain sistem menggunakan pada 3 titik lokasi saat ruangan tertutup dan saat ruangan terbuka ketika sensor aktif kemudian mencari peluang terbesar terjadi kebakaran pada masing-masing titik lokasi yang telah dibaca sensor suhu LM35 dan mengirim notifikasi ke smartphone menggunakan metode Naive Bayes.

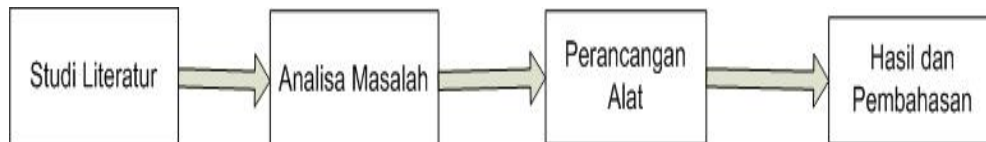
Metode Naive Bayes adalah metode untuk mengklasifikasi prediksi peluang kejadian yang sederhana dan mendasar (Kurniawan et al., 2021). Dalam penerapannya aturan bayes mengasumsikan bahwa setiap atribut memiliki independensi yang kuat artinya bahwa setiap nilai pada sebuah atribut tidak berkaitan dengan adanya nilai yang sama atau tidak dengan atribut lain dalam data yang sama. Berdasarkan latar belakang di atas, kami tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Desain Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Suhu Dan Sensor Api Berbasis IOT Dengan Metode Naive Bayes".

### STUDI LITERATUR

Penelitian sebelumnya tahun 2019 "IoT fire detection system using sensor with Arduino" yang dilakukan Khalaf, Abdulsahib, Zghair, menjelaskan tentang bagaimana mengatasi kebakaran dengan sensor api (DHT11) untuk memantau suhu di lokasi tertentu yang terhubung ke chip arduino node mcu dan jaringan wifi. Sebelumnya juga tahun 2018 Basu, Karthik, Mahitha pernah melakukan penelitian "IoT based forest fire detection system" dengan sensor suhu, sensor asap dan sinyal, karena semakin banyak kejadian yang merugikan banyak pihak tentang kebakaran tahun 2020 Singh, Shukla, Kumar mengambil sebuah penelitian "IoT based Forest Fire Detection System in Cloud Paradigm".

Ditahun yang sama sebuah penelitian berjudul An Improved Multi-Scale Fire Detection Method Based On Convolutional Neural Network yang dibuat Hongyu, Ping, Fan, Huaxin, mengenai deteksi kebakaran berskala besar secara real-time dengan metode Neural Network. Dan tahun 2021 Xu, Guo Y, Saleh J H, membuat metode deteksi kebakaran Long Short-Term Memory (LSTM) neural network untuk peluang terjadi kebakaran.

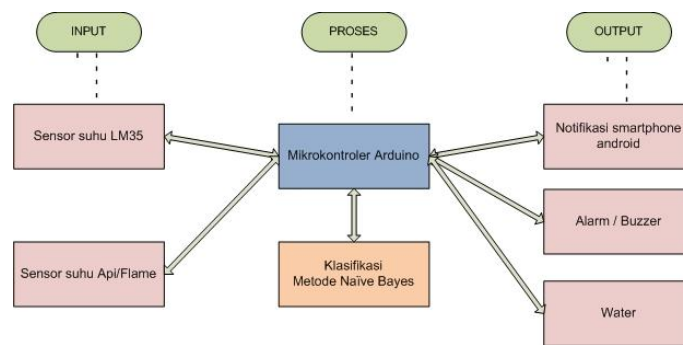
### METODE



Gambar 1. Metode Penelitian

Langkah yang akan ditempuh dalam menyelesaikan Desain Sistem Deteksi Kebakaran (Giandi & Sarno, 2018) Menggunakan Sensor Suhu LM35 Dan Sensor Api Berbasis IOT Dengan Metode Naive Bayes ini diantaranya adalah:

- Studi Literatur, Pencarian dan pengumpulan literatur-literatur dan kajian-kajian yang berkaitan dengan masalah yang ada dalam Desain Sistem baik berupa artikel, buku referensi, internet dan sumber-sumber lain.
- Analisa Masalah, Menganalisa semua permasalahan yang ada berdasarkan sumber-sumber yang ada dan berdasarkan pengamatan terhadap masalah tersebut.
- Perancangan dan realisasi alat, Membuat perancangan alat berdasarkan parameter yang diinginkan kemudian merealisasikan rancangan tersebut.
- Hasil dan Pembahasan Desain Sistem, Setelah tahap perancangan berdasarkan standar yang ada, tahap selanjutnya adalah melakukan pembahasan pada Desain Sistem yang telah dibuat.



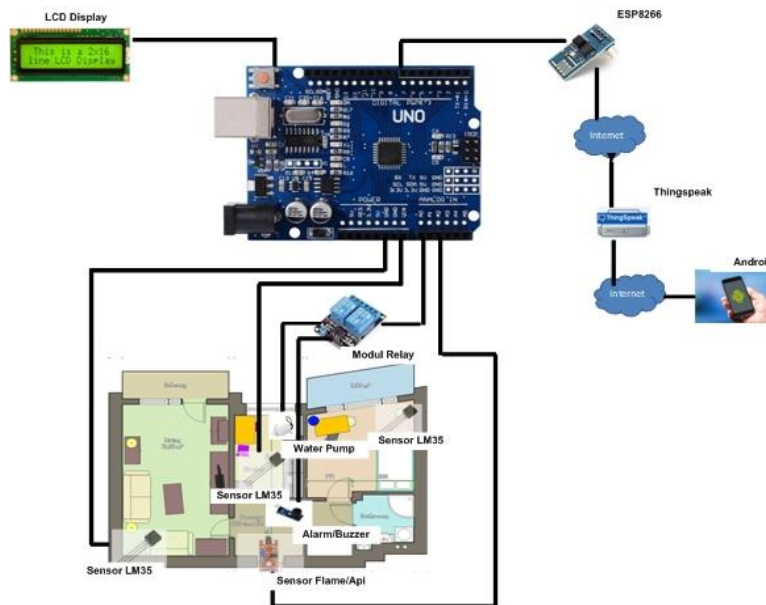
Gambar 2. Blok Diagram

Pada gambar pembuatan blok diagram diatas peneliti melakukan Desain pemisahan antara beberapa komponen yang akan digunakan dan akan berfungsi sesuai yang akan diperintahkan oleh program (Priya & Bharathi, 2017) nantinya, serta blok diagram diatas akan menentukan hubungan dari beberapa komponen dalam 3 bagian yaitu: Input, Proses, Output (Huang et al., 2020) yang dihasilkan.

## HASIL

### Perancangan alat

Berikut ini adalah sebuah perancangan yang menunjukkan sistem kontrol rumah pintar berbasis IOT. Sistem ini memanfaatkan berbagai komponen seperti sensor suhu, sensor api, pompa air, modul relay dan display LCD. Komponen-komponen tersebut diintegrasikan dan dihubungkan ke internet melalui modul ESP8266 untuk memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh menggunakan platform ThingSpeak pada Android.



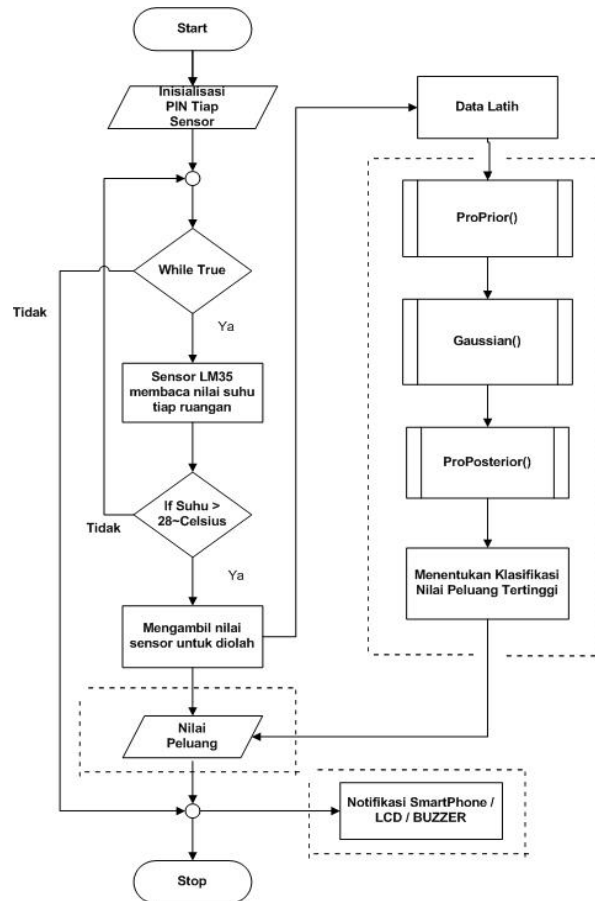
Gambar 3. Perancangan Alat

Pada gambar 3 dapat dilihat Desain sistem yang akan dibuat dengan beberapa komponen (Savla et al., 2020) sebagai berikut:

- Mikrokontroler Arduino Uno R3
- Sensor Suhu LM35 (3 buah)
- Sensor Api Flame (1 buah)
- Alarm / Buzzer (1 buah)
- LCD Display
- Water Pump (1 buah)
- Modul Relay 2 Channel
- ESP8266 (1 buah)
- ThingSpeak (Platform)
- Smartphone Android

### Perancangan Simulasi Sistem

Dalam melakukan desain dari sistem pendeteksi lokasi titik kebakaran (Divan et al., 2018) perlu diperhatikan peletakan tiap-tiap komponen serta ukuran alat yang akan dikembangkan. Selain itu peletakan sensor LM35 dibuat sedemikian agar dapat membaca nilai suhu (Toledo-Castro et al., 2018) pada semua ruangan, dan peletakan sensor Flame agar dapat mendeteksi ada api atau tidak pada semua ruangan. Komponen utama yang digunakan untuk membuat system diantaranya adalah Arduino Mega (Chen et al., 2019) sebagai otak utama dari sistem, sensor suhu LM35, sensor api flame, LCD 16x2, dan Buzzer pada perancangan alat di Gambar 3.



Gambar 4. Flowcart sistem

Berdasarkan Flowchart sistem pada Gambar 4, terlihat bahwa sistem dimulai dengan melakukan inisialisasi pin dari masing-masing sensor pada arduino IDE yang bertujuan untuk membedakan input dan output yang akan dibaca oleh masing-masing sensor



Gambar 5. Sensor LM35

LM35 merupakan suatu perangkat yang mampu menangkap perbedaan derajat panas atau dingin suatu objek. Secara teknis, LM35 adalah sebuah Integrated Circuit (IC) dimana outputnya berupa tegangan dan memiliki hubungan linier terhadap perubahan suhu dalam derajat Celcius (Roque & Padilla, 2020). Berdasarkan data kalibrasi (Factory Calibration) hubungan linier tersebut memiliki kemiringan(slope) sebesar +/- 10 mV per °C, artinya setiap perubahan suhu 1 °C akan diwakili oleh output LM35 sebesar 10 mV. Hubungan tegangan dengan suhu dinyatakan dengan persamaan

$$x^{\circ}C = \frac{Tegangan\ Out(mv)}{10\ mv} \quad (\text{Persamaan 1})$$



Gambar 6. Objek lilin dan sensor

Berikut ini tabel yang mengkategorikan pengukuran suhu menggunakan sensor LM35 untuk ruang tertutup dan ruang terbuka. Tabel ini menunjukkan batasan suhu untuk masing-masing kategori (rendah, sedang dan tinggi) di tinggi ruangan berbeda. Pengkategorian ini bertujuan untuk memudahkan pemantauan kondisi suhu di berbagai lingkungan.

Tabel 1. Kategori pengukuran suhu LM35

Pengukuran Suhu LM35 Ruang Tertutup & Ruang Terbuka			
Kategori	Ruang 1	Ruang 2	Ruang 3
Rendah	Suhu < 22.00 °C	Suhu < 22.00 °C	Suhu < 22.00 °C
Sedang	Suhu > 22.00 °C / Suhu < 33 °C	Suhu > 22.00 °C / Suhu < 33 °C	Suhu > 22.00 °C / Suhu < 33 °C
Tinggi	Suhu > 33 °C	Suhu > 33 °C	Suhu > 33 °C

Pada tabel 1 diasumsikan jika pada ruang tertentu suhu < 22.00 °C dikategorikan rendah dan akan mengirim data status ruangan 'Aman' ke smartphone android (Divya et al., 2019), selanjutnya ruangan dengan suhu >22.00 °C atau suhu < 33 °C dikategorikan sedang dan mengirim status data ke smartphone android, dan jika ruangan dengan suhu > 33 °C maka dikategorikan Tinggi dan arduino mengirim status 'Tidak Aman' ke smartphone android. Mikrokontroler akan melakukan pembacaan nilai sensor secara terus menerus, ketika Arduino diaktifkan dengan objek lilin sebagai pengantar suhu disetiap titik ruangan tertutup dan terbuka (Gambar 6).



Gambar 7. Objek lilin dan sensor flame

Selanjutnya saat nilai masing-masing sensor sudah dapat dibaca oleh mikrokontroler maka dilakukan proses pengecekan ada trigger dari sensor flame (Chao et al., 2020) atau tidak (Gambar 7). Apabila ada trigger dari sensor flame, nilai sensor terakhir yang terbaca akan digunakan untuk perhitungan Naive Bayes dalam menentukan lokasi titik kebakaran. Tegangan operasi sensor flame antara 3,3 – 5 Vdc dan terdapat 2 output yaitu digital output dan analog output yang berupa tegangan. Suhu normal pembacaan sensor yaitu pada 25 – 85°C dengan besar sudut pembacaan pada 60°.

Selanjutnya setelah melakukan perancangan pengambilan data dari sensor, maka dilakukan perancangan untuk metode klasifikasinya yaitu perancangan algoritma Naive Bayes.

- Tahap pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai prior dari masing-masing ruangan. Nilai prior merupakan nilai peluang terjadinya suatu kelas dengan cara membagi banyaknya data dalam suatu ruangan, (3 ruangan) dengan jumlah keseluruhan data yang ada. Data yang dilakukan perhitungan nilai prior adalah data latih.

- Tahap kedua yaitu untuk menentukan nilai peluang dari masing-masing ruangan. Namun sebelum dapat menentukan nilai peluang dari masing-masing fitur, terlebih dahulu harus dilakukan perhitungan mean dan standar deviasi dari data latih menggunakan Persamaan (1). Pada sistem ini, data latih (Xu et al., 2021) yang berupa nilai mean dan standar deviasi disimpan pada pemrograman mikrokontroler untuk mempermudah dalam mengakses nilai dari data latih saat sistem dijalankan. Selanjutnya perhitungan Gaussian dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2) seperti

- a) Menghitung Nilai Prior  
Persamaan (1)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x^i}{n}$$

Keterangan :

- $(X=x_i|Y=y_i)$  : Peluang gaussian
- $\mu$  atau  $\bar{x}$  : nilai rata-rata (mean)
- $\sigma$  atau  $s$  : nilai standar deviasi
- $n$  : jumlah data
- $x_i$  : data ke- $i$
- $e$  : nilai eksponen (2,718282)

- b) Menghitung Gaussian  
(Persamaan 2)

$$p(x = x_i | Y = y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{ij}^2 + b^2}} e^{-\frac{(x_i - \mu_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}}$$

- c) Menghitung nilai posterior

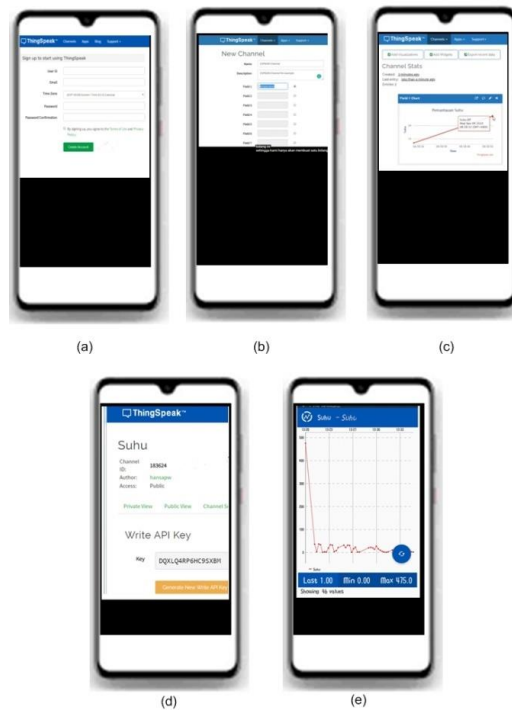
Nilai posterior menentukan klasifikasi besarnya peluang terjadinya kebakaran ke 3 titik ruangan dengan pem bacaan sensor. Diambil dari proses perkalian fungsi prior dan fungsi gaussian yang dihitung dalam arduino.

Tahap akhir dalam pengklasifikasian dengan Naive Bayes ini adalah menentukan nilai peluang posterior yang tertinggi dengan cara membandingkan satu sama lain antar peluang posterior. Titik lokasi kebakaran dengan nilai posterior tertinggi merupakan hasil yang klasifikasi titik kebakaran yang dideteksi oleh sistem.

## PEMBAHASAN

### Desain Notifikasi Android

langkah-langkah dasar dalam penggunaan ThingSpeak untuk mengelola dan memvisualisasikan data IoT (Internet of Things) dari perangkat Android.



Gambar 7. Notifikasi android

Dalam notifikasi android digunakan platform thinkspeak yang akan terintegrasi dengan arduino yang sudah disetting lewat komponen tambahan ESP8266 (Fitriawati et al., 2020). Untuk sisi IoT (Chi et al., 2016) server menggunakan Thingspeak, Berikut langkah-langkahnya:

- Daftarkan account
- Membuat Channel, dengan mengisi field yang diperlukan (satu channel maks 8 field), minimal yang harus diisi adalah nama channel ('Name') dan 'field1' (centang opsi 'Make Public' jika data Anda ingin dapat dilihat orang lain). Field ini nantinya akan berisi data sensor yang dikirim dari Arduino.
- 'Write API Key' digunakan untuk mengirim data, 'Read API Key' digunakan untuk membaca data
- Instal aplikasi Thinkview pada android
- Masukkan ID Channel, Selesai

Thingspeak akan menampilkan data sensor saat arduino aktif

## KESIMPULAN

Berdasarkan desain sistem yang sudah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut. Sistem otomatisasi deteksi lokasi titik kebakaran berbasis IoT menggunakan metode Naïve Bayes telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik, di mana semua komponen alat yang digunakan telah sesuai dengan tujuan deteksi kebakaran berdasarkan nilai suhu ruangan. Pengujian akurasi sistem deteksi dilakukan pada tiga titik ruangan tertutup dan terbuka dengan kategori suhu rendah, sedang, dan tinggi, menggunakan lilin sebagai pengantar suhu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan peluang tertinggi terjadinya kebakaran secara efektif. Notifikasi pada smartphone Android juga berjalan dengan baik, memastikan bahwa sistem deteksi kebakaran ini dapat diandalkan dan siap digunakan dalam berbagai kondisi ruangan.

## REFERENSI

- A.T, J., & P, S. (2020). IoT Based Automatic Fire Alarm System. *Bulletin of Scientific Research*, 29–34. <https://doi.org/10.34256/bsr2015>
- Chao, W. E. I., Jie-Qing, D., Guang, C., Bo, Z. H. U., Li, L., & Zhu, L. (2020). An Electric Fire Flame Detection Algorithm Based on Temporal Convolution. *Proceedings - 2020 International Conference on Computer Engineering and Application, ICCEA 2020*, 28–33. <https://doi.org/10.1109/ICCEA50009.2020.00014>
- Chen, S., Ma, J., & Yan, S. (2019). Design and Implementation of Fire Alarm Device Based on Singlechip. *2019 IEEE International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems, ICPICS 2019*, 3, 649–652. <https://doi.org/10.1109/ICPICS47731.2019.8942529>
- Chi, R., Lu, Z.-M., & Ji, Q.-G. (2016). *Real-time multi-feature based fire flame detection in video IET Review*

Copy Only IET Image Processing. 1–22.

- Dener, M., Özkök, Y., & Bostancıoğlu, C. (2015). Fire Detection Systems in Wireless Sensor Networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 1846–1850. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.408>
- Divan, A., Kumar, A. S., Kumar, A. J., Jain, A., & Ravishankar, S. (2018). Fire detection using quadcopter. *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2018, Iccics*, 1014–1018. <https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663134>
- Divya, A., Kavithanjali, T., & Dharshini, P. (2019). IoT enabled forest fire detection and early warning system. *2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking, ICSCAN 2019*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICSCAN.2019.8878808>
- Dr.Osamah Ibrahim Khalaf. (2019). *IOT\_fire\_detection\_system\_using\_sensor\_w*. 74–78. <https://doi.org/10.4206/aus.2019.n26-7/>
- Edbertus, N., Hutagalung, S., & Nugroho, H. T. (2020). Naïve Bayes Anomaly Detection System Design On Openflow Network. *IJNMT (International Journal of New Media Technology)*, 6(2), 64–67. <https://doi.org/10.31937/ijnmt.v6i2.1186>
- Fitriawati, N., Lena, Murad, D. F., & Rahayu, S. P. (2020). Automatic circuit breaker design based on fire identification (smoke and fire). *Proceedings of 2020 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2020, August*, 928–933. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech50083.2020.9211227>
- Giandi, O., & Sarno, R. (2018). Prototype of fire symptom detection system. *2018 International Conference on Information and Communications Technology, ICOIACT 2018, 2018-Janua(March 2018)*, 489–494. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT.2018.8350730>
- Huang, H., Kuang, P., Fan, L., & Shi, H. (2020). An Improved Multi-Scale Fire Detection Method based on Convolutional Neural Network. *2020 17th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing, ICCWAMTIP 2020*, 109–112. <https://doi.org/10.1109/ICCWAMTIP51612.2020.9317360>
- Juwariyah, T., Prayitno, S., Krisnawati, L., & Sulasminingsih, S. (2021). Design of IoT-Based Home Fire Detection System Equipped with a Data Logger. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1125(1), 012079. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1125/1/012079>
- Kurniawan, Y. I., Razi, F., Nofiyati, Wijayanto, B., & Hidayat, M. L. (2021). Naive bayes modification for intrusion detection system classification with zero probability. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 10(5), 2751–2758. <https://doi.org/10.11591/eei.v10i5.2833>
- Nakip, M., Guzelis, C., & Yildiz, O. (2021). Recurrent Trend Predictive Neural Network for Multi-Sensor Fire Detection. *IEEE Access*, 9, 84204–84216. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3087736>
- Priya, M. M., & Bharathi, G. D. (2017). *An Embedded Based Rain Detection System in Automatic Irrigation*. November, 4119–4128.
- Roque, G., & Padilla, V. S. (2020). LPWAN Based IoT Surveillance System for Outdoor Fire Detection. *IEEE Access*, 8, 114900–114909. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003848>
- Savla, D. V., Parab, A. N., Kekre, K. Y., Gala, J. P., & Narvekar, M. (2020). IoT and ML based smart system for efficient garbage monitoring: Real time AQI monitoring and fire detection for dump yards and garbage management system. *Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2020, Iccsit*, 315–321. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT48917.2020.9214202>
- Singh, H., Shukla, A., & Kumar, S. (2021). IoT based forest fire detection system in cloud paradigm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1022(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1022/1/012068>
- Toledo-Castro, J., Caballero-Gil, P., Rodríguez-Pérez, N., Santos-González, I., Hernández-Goya, C., & Aguasca-Colomo, R. (2018). Forest Fire Prevention, Detection, and Fighting Based on Fuzzy Logic and Wireless Sensor Networks. *Complexity*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1639715>
- Trinath Basu, M., Karthik, R., Mahitha, J., & Lokesh Reddy, V. (2018). IoT based forest fire detection system. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(2), 124–126. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.7.10277>
- Xu, Z., Guo, Y., & Saleh, J. H. (2021). Advances Toward the Next Generation Fire Detection: Deep LSTM Variational Autoencoder for Improved Sensitivity and Reliability. *IEEE Access*, 9, 30636–30653. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3060338>
-