

PEMANFAATAN TEKNOLOGI MACHINE LEARNING UNTUK IDENTIFIKASI PENYEBAB ALARM PENDETEKSI KEBAKARAN BERBUNYI

Andrew Widjaya, Ethan Daniel Timadius, Florencia, Sharon Zefanya
Setiawan, Gladys Lionardi

Data Science, School of Computer Science, Universitas Bina Nusantara,
Indonesia

Data Science, School of Computer Science, Universitas Bina Nusantara,
Indonesia

Data Science, School of Computer Science, Universitas Bina Nusantara,
Indonesia

Data Science, School of Computer Science, Universitas Bina Nusantara,
Indonesia

Data Science, School of Computer Science, Universitas Bina Nusantara,
Indonesia

ABSTRAK

Kebakaran sudah menjadi salah satu kecelakaan yang sering terjadi dalam gedung atau bangunan-bangunan, dimana insiden kebakaran berpotensi memakan korban jiwa dan materi. Maka, alat pendeteksi asap atau *smoke detector* menjadi salah satu metode preventif yang krusial untuk memberikan peringatan ketika asap yang biasanya mengindikasikan kebakaran sudah menyebar dalam ruangan. Agar dapat melakukan tindakan preventif sebelum alarm berbunyi, maka penulis ingin mencari variabel apa yang kemungkinan menyebabkan sebuah *smoke detector* berbunyi dan menjadikan variabel-variabel tersebut prioritas utama yang perlu dijaga dalam sebuah ruangan atau gedung. Riset ini menggunakan algoritma *decision tree*. *Decision tree* adalah salah satu algoritma *supervised learning* yang dapat melakukan klasifikasi dan regresi data. *Decision tree* melakukan klasifikasi berdasarkan perhitungan nilai *gini impurity* untuk setiap variabel. Perhitungan ini dapat menunjukkan dalam batas apa sebuah variabel mempengaruhi keluaran. Gabungan dari batasan-batasan variabel tersebut yang akan menentukan nyala atau tidaknya *smoke detector*. Data yang digunakan untuk melakukan pelatihan model adalah data pendeteksi asap yang berasal dari perangkat *Internet of Things (IOT)*. Berdasarkan hasil pelatihan model, algoritma *decision tree* mendapatkan skor akurasi 1 atau 100%, yang berarti model tersebut berhasil menebak seluruh keluaran dari segala kondisi variabel yang diuji.

Kata-kata kunci: kebakaran, alat pendeteksi asap, tindakan preventif, algoritma *decision tree*

ABSTRACT

Fire has become one of the accidents that often occur in buildings or buildings, where a fire incident has the potential to cause loss of life and material. Thus, a smoke detector or smoke detector is one of the crucial prevention methods to provide a warning when smoke, which usually indicates a fire, has spread in

the room. In order to be able to take preventive action before the alarm goes off, the writer wants to find out what variables might cause a smoke detector to sound and make these variables the top priority that needs to be maintained in a room or building. This research uses a decision tree algorithm. Decision tree is a supervised learning algorithm that can classify and regress data. The decision tree classifies based on the calculation of the gini impurity value for each variable. This report can show within what limits a variable affects the output. The combination of these variable limits will determine whether or not the smoke detector is on. The data used to carry out the training model is smoke detection data originating from Internet of Things (IOT) devices. Based on the results of model training, the algorithm decision tree gets an accuracy score of 1 or 100%, which means that the model succeeds in guessing all the outputs from all the variable conditions tested.

Keyword: fire, smoke detector, preventive action, decision tree algorithm

PENDAHULUAN

Menurut Dewan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional (DK3N), kebakaran merupakan suatu peristiwa bencana yang berasal dari api yang tidak dikehendaki, dan disebabkan oleh berbagai faktor yang erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari, seperti soket listrik, rokok, cairan bahan bakar, kabel rusak, dan masih banyak lagi. Kebakaran menyebabkan kerugian berupa materi (harta benda, fasilitas sarana prasarana, bangunan, tempat tinggal dan lain-lain) maupun non materi (trauma, rasa takut dan lain-lain), cedera fisik, dan bahkan dapat menyebabkan cacat hingga kematian. Selain itu, berdasarkan data yang sudah diperoleh melalui Badan Pusat Statistik, sepanjang tahun 2018-2021 tercatat 5.155 kasus kebakaran akibat benda terbakar di provinsi DKI Jakarta (Ramli 2010). Angka tersebut tidaklah kecil, mengingat bahwa kasus hanya dihitung dari 1 provinsi.

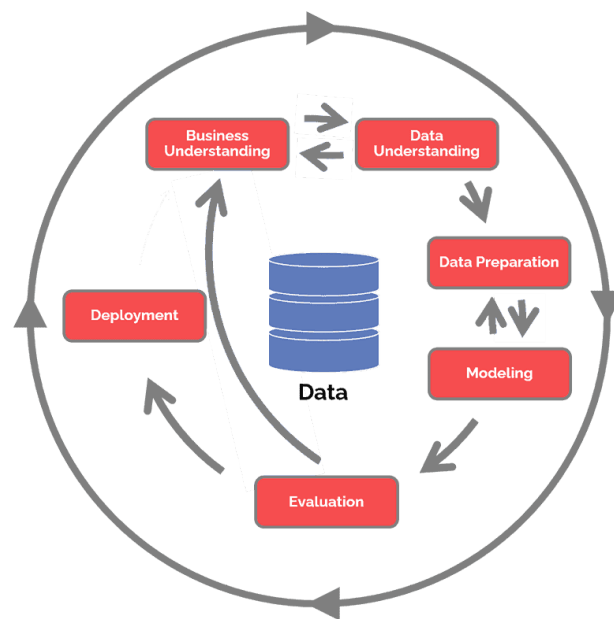
Kebakaran tidak dapat ditanggulangi ataupun padam dengan sendirinya (tidak dipadamkan). Umumnya terdapat tiga unsur dalam kebakaran yaitu bahan bakar, oksigen dan panas. Apabila keseimbangan dari konsentrasi antara 3 unsur tersebut tidak terpenuhi, maka api kebakaran akan padam. Ketika terjadi kebakaran, dibutuhkan waktu untuk memadamkan api yang dihitung dari sejak pelaporan, perjalanan pemadam kebakaran, hingga proses pemadaman oleh yang berwenang. Waktu yang dibutuhkan hingga api benar-benar padam tidaklah sedikit, bahkan dengan bantuan *sprinkler* sekalipun. Dalam durasi tersebut, kerusakan yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerugian yang semakin besar. Diperlukan upaya penanggulangan dan pencegahan sehingga kebakaran dapat ditangani lebih cepat dan memperkecil kerugian yang disebabkan. Upaya untuk menunjang pemadaman kebakaran agar dapat dicegah dengan lebih cepat dapat dilakukan dengan menginstal atau memasang alat pendeteksi asap kebakaran atau *smoke detector*.

Smoke detector adalah perangkat yang mendeteksi atau merasakan asap, biasanya sebagai indikator api. *Smoke detector* yang digunakan sebagai perangkat keamanan perumahan atau komersial, akan mengirim sinyal ke panel kontrol alarm kebakaran sementara alarm asap mengeluarkan alarm visual atau suara secara lokal. *Smoke detector* akan secara otomatis memberikan peringatan apabila mendeteksi adanya tanda-tanda kebakaran melalui kondisi partikel di sekitarnya. Dengan demikian peringatan yang diterima akan memberi lebih banyak waktu agar para pemadam dapat tiba sebelum api merambat terlalu jauh (Hargiyarto 2003).

Menurut National Fire Protection Association, dua pertiga kematian akibat kebakaran rumah yang terjadi di Amerika Serikat disebabkan oleh kurangnya alarm/detektor asap yang terpasang. Hal ini berarti *smoke detector* sangat

dibutuhkan demi kelangsungan hidup masyarakat. Tanpa adanya *smoke detector* yang dapat bekerja dengan baik, angka kematian akan semakin meningkat. Maka dari itu, riset ini bertujuan untuk mencari tahu kondisi partikel seperti apa yang dapat menyebabkan sebuah *smoke detector* berbunyi dengan memanfaatkan teknologi *machine learning* sebagai media pembelajarannya. Riset ini dilakukan dengan menggunakan algoritma *decision tree* untuk menganalisis dan mencari tahu kondisi-kondisi yang dapat memicu alarm pendeteksi kebakaran berbunyi, lebih spesifik partikel pemicu *smoke detector* berbunyi. Dengan adanya *smoke detector* yang berfungsi dengan baik, diharapkan agar kebakaran dapat terdeteksi lebih cepat sehingga kerusakan yang diakibatkan oleh kebakaran dapat diminimalkan serta membantu mengurangi biaya perbaikan dan pemulihan setelah kebakaran terjadi. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan masyarakat dengan cara memberikan peringatan dini jika terjadi kebakaran.

METODE



Gambar 1. Ilustrasi siklus metode CRISP-DM

Pada penelitian ini, digunakan pendekatan metode CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining). Seperti yang diilustrasikan pada gambar di atas, metode CRISP-DM meliputi berbagai fase, yakni pemahaman bisnis (*Business Understanding Phase*), Fase Pemahaman Data (*Data Understanding Phase*), Fase Persiapan Data (*Data Preparation Phase*), Fase Pemodelan (*Modeling Phase*), Fase Evaluasi (*Evaluation Phase*), dan Fase Penyebaran (*Deployment Phase*) (Mukherjee et al. 2019).

I. Fase Pemahaman Bisnis (*Business Understanding Phase*)

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mencegah terjadinya kebakaran. Beberapa cara yang dapat dilakukan adalah dengan mencari tahu kondisi seperti apa yang dapat menyebabkan sebuah *smoke detector* berbunyi. Dalam penelitian ini, *smoke detector* dilabelkan sebagai sebuah alat bantu dalam menentukan standar partikel di udara yang aman dalam sebuah gedung atau ruang tertutup lainnya, dan sebagai alat penunjang yang dapat memberikan peringatan agar kebakaran dapat diketahui dengan lebih cepat sehingga penanganan dapat dilakukan sesegera mungkin.

II. Fase Pemahaman Data (*Data Understanding Phase*)

Pada penelitian ini, data yang digunakan merupakan data sekunder berupa data yang diambil dengan bantuan perangkat *Internet of Things (IoT)* yang diukur di berbagai kondisi lingkungan dan berdasarkan sumber api yang berbeda-beda. Data yang digunakan dibuat oleh seorang *Kaggle Contributor* bernama Stefan Blattmann melalui proyek yang ia kerjakan dan dapat diakses melalui situs *Kaggle*. Penjelasan dari atribut-atribut yang ada pada data tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Atribut-atribut yang terdapat dalam dataset beserta penjelasannya.

Atribut	Penjelasan
UTC	Timestamp dalam satuan detik
Temperature(C)	Suhu udara dalam satuan Celcius
Humidity(%)	Persentase Kelembaban Udara
TVOC(ppb)	Total senyawa organik yang mudah menguap dalam satuan per miliar
eCo2(ppm)	Total konsentrasi CO2 di udara dalam satuan per juta

Raw H2	Total gas hidrogen
Raw Ethanol	Total gas etanol
Pressure	Tekanan udara dalam hPa(hectopascal)
PM1.0	Total partikel berdiameter < 1 μ m
PM2.5	Total partikel berdiameter < 2.5 μ m
NC0.5	Angka konsentrasi partikel berukuran < 0,5 μ m
NC1.0	Angka konsentrasi partikel berukuran < 1 μ m
NC2.5	Angka konsentrasi partikel berukuran < 2,5 μ m
CNT	Penghitung sampel
Fire Alarm	Output berupa biner (1 jika alarm berbunyi, 0 jika tidak)

III. Fase Persiapan Data (*Data Preparation Phase*)

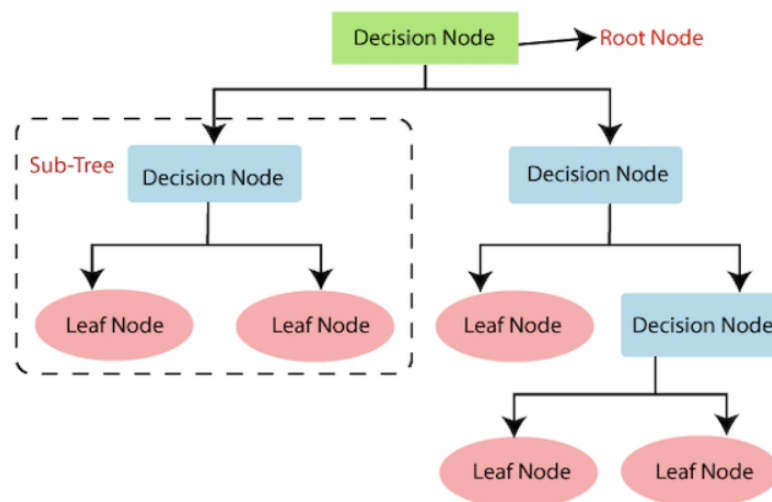
Pada fase persiapan data, data yang dimiliki akan melewati tahap pengecekan secara menyeluruh mengenai adanya missing value dan data yang terduplikasi. Selain itu, pada fase ini juga dilakukan seleksi fitur-fitur (atribut-atribut) yang kiranya tidak diperlukan dan tidak relevan dengan

pemodelan yang akan dibentuk pada fase selanjutnya. Hasil yang didapat pada fase ini adalah tidak ada missing value dan duplikasi data pada data yang digunakan, serta terdapat beberapa fitur yang tidak relevan dengan tujuan penelitian sehingga fitur-fitur tersebut dibuang untuk memperkuat performa model, fitur-fitur yang dibuang yaitu UTC dan CNT.

IV. Fase Pemodelan (*Modeling Phase*) dan Fase Evaluasi (*Evaluation Phase*)

Pemodelan dilakukan guna mencari tahu bagaimana performa prediksi yang nantinya akan dilakukan pada data, yang kemudian setelahnya akan dievaluasi dengan metrik-metrik yang sesuai dan mencari lebih dalam mengenai fitur apa saja yang berperan krusial dalam pemodelan data.

Algoritma yang digunakan dalam permasalahan ini adalah *Decision Tree Classifier*, sebab model algoritma *Decision Tree* tergolong sebagai *White Box* model, dimana model ini dapat lebih mudah diinterpretasikan, dengan model akurasi yang menurun sebagai konsekuensinya. Penulis memutuskan untuk memilih algoritma ini, sebab algoritma ini selaras dengan permasalahan bisnis yang ingin dipecahkan, yakni mencari tahu kondisi yang memungkinkan sebuah *smoke detector* berbunyi, dimana diperlukan sebuah model yang bisa diinterpretasikan oleh manusia.



Gambar 2. Struktur model *decision tree*

Decision Tree merupakan sebuah algoritma dalam Machine Learning yang bekerja dengan menciptakan sebuah *tree-based model* dan mengklasifikasi sebuah data dari sebuah opsi binary (benar atau salah) yang dilalui dari

root node sampai data terklasifikasi di leaf node (Jijo and Abdulazeez, 2021) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.

Decision Tree bekerja dengan menggunakan algoritma CART(Classification and Regression Trees), dimana algoritma ini dapat mencari pengaruh dari satu atribut data terhadap prediksi target data dengan menghitung sebuah metrik bernama Gini Impurity/Gini Index , kemudian terdapat juga Entropi sebagai metrik lainnya yang dapat digunakan. Adapun perhitungan untuk menentukan Gini Impurity adalah sebagai berikut:

$$G_i = 1 - \sum_{k=1}^n P_{i,k}^2$$

Rumus 1. Rumus *gini impurity*

$P_{i,k}$ seperti yang dilihat pada rumus diatas menandakan rasio jumlah data kelas k dari seluruh jumlah data yang terdapat pada node i.

Lalu, untuk data yang telah dibersihkan, data dibagi terlebih dahulu menjadi 2 set yaitu *training set* dan *testing set* dengan proporsi 80% dan 20%. Kemudian , modelling dilakukan terhadap training set dengan menggunakan algoritma *Decision Tree*, setelah itu dilakukan evaluasi performa model dengan mengujinya terhadap *testing set*.

V. Fase Penyebaran (*Deployment Phase*)

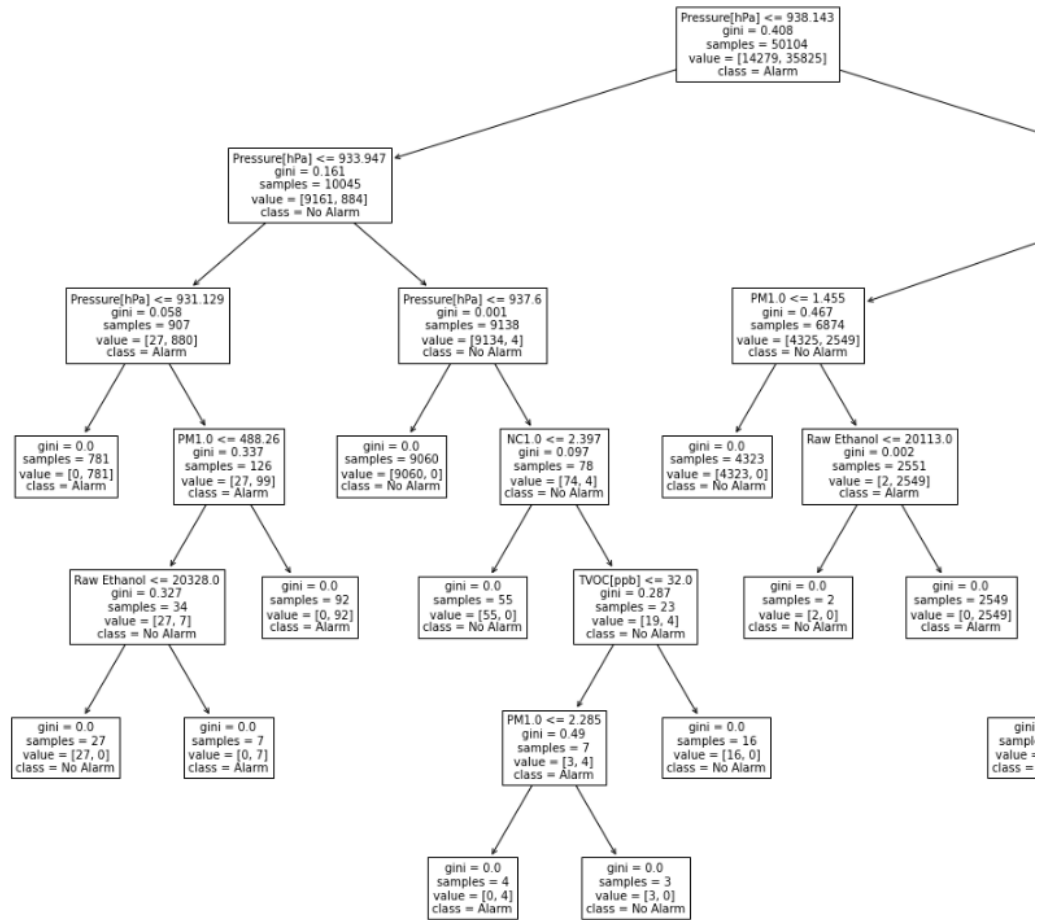
Penyebaran dilakukan dalam bentuk e-poster berupa infografis dengan tujuan untuk memudahkan pemberian edukasi kepada masyarakat umum mengenai hasil penelitian yang didapat secara praktis dan efisien.

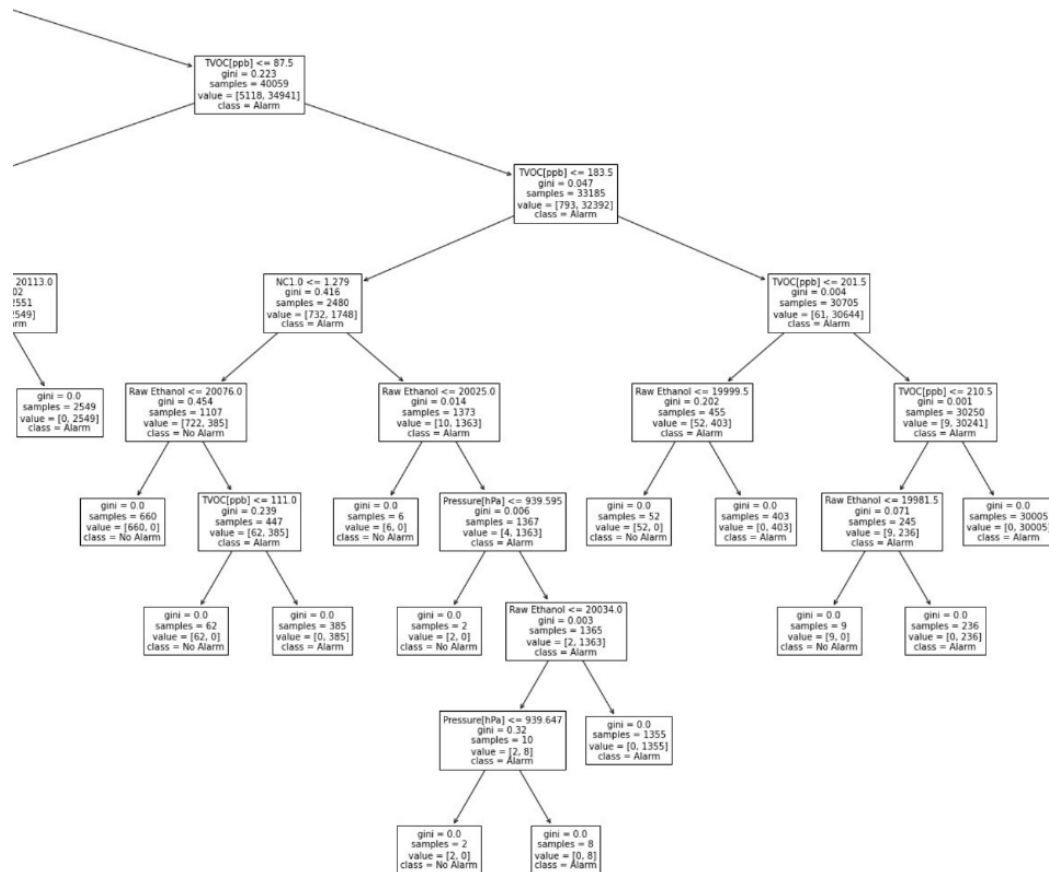
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kedua model yang digunakan memberikan hasil yang sempurna dengan angka akurasi 100%. Hasil evaluasi terhadap *testing set* menghasilkan nilai sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil evaluasi model

Precision	Recall	F1 Score	Accuracy
100%	100%	100%	100%

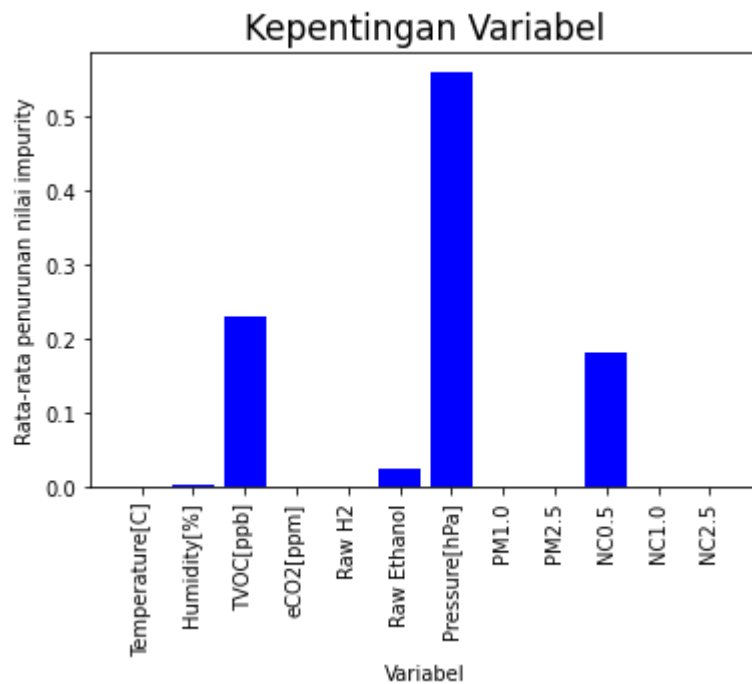


Gambar 3. Hasil Akhir *Decision Tree*

Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa model yang dihasilkan dengan algoritma *Decision Tree* sudah memberikan hasil yang sempurna dalam memprediksi bunyinya *smoke detector*.

Melalui gambar 3, sebanyak 30,136 dari 35,825 kasus dimana alarm tersebut berbunyi yaitu dengan kondisi tekanan udara (Pressure[hPa]) lebih besar dari pada 938,143 hPa, total senyawa organik yang mudah menguap (TVOC[ppb]) lebih besar daripada 204,5 ppb dan kelembaban udara (Humidity(%)) lebih besar dari pada 46,21%.

Hasil dari plot tersebut juga memberikan kondisi-kondisi yang sebaiknya dimiliki oleh sebuah ruangan agar alarm tersebut tidak menyala antara lain tekanan udara (Pressure[hPa]) lebih kecil atau sama dengan 937,6 hPa kondisi ini didapatkan melalui 9,060 dari 14,279 kasus dimana alarm tidak berbunyi dan sisanya yaitu 4,323 memberikan hasil atau kondisi berupa tekanan udara (Pressure[hPa]) lebih besar dari 938,143 hPa dan total senyawa organik yang mudah menguap (TVOC[ppb]) lebih kecil atau maksimal 87,5 ppb dan total partikel dengan diameter lebih kecil dari 1µm (PM1.0) lebih kecil atau maksimal 1,455.



Gambar 4. Grafik kepentingan setiap variabel terhadap keluaran

Berdasarkan gambar 4, menggunakan *attribute* “feature_importances_” dari *decision tree* yang disediakan *sci-kit learn*, terdapat 3 variabel atau atribut penting yang memiliki pengaruh terbesar dalam berbunyinya smoke detector. Variabel tersebut adalah total senyawa organik yang mudah menguap (TVOC[ppb]), tekanan udara (Pressure[hPa]), dan angka konsentrasi partikel berukuran $< 0,5\mu\text{m}$ (NC0.5).

KESIMPULAN

Berdasarkan model yang digunakan dan hasil evaluasi, sangat disarankan bagi gedung-gedung dan bangunan lainnya untuk memenuhi persyaratan-persyaratan kondisi ruangan seperti yang telah dijelaskan pada bagian hasil dan pembahasan. Terutama untuk total senyawa organik yang mudah menguap, tekanan udara, dan angka konsentrasi partikel berukuran $< 0,5\mu\text{m}$ sangat penting untuk diperhatikan dan dijaga stabilitasnya di dalam ruangan, karena pembacaan angka tersebut sangat mempengaruhi kemungkinan terjadinya kebakaran atau tidak. Apabila kondisi-kondisi yang telah disebutkan tidak terpenuhi dan menyebabkan *smoke detector* berbunyi, diharapkan penanganan yang cepat dari pihak gedung untuk memeriksa pemicu atau lokasi yang terdeteksi oleh *smoke detector* sehingga apabila benar terjadi kebakaran, pihak gedung dapat menghubungi pemadam kebakaran dan mencoba mencegah penyebaran api agar tidak menyebabkan kerugian yang lebih besar.

Saran untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu: menguji tingkat akurasi dari batas dan variabel-variabel yang didapatkan dari gambar 3 & 4. Pengujian tingkat akurasi disarankan menggunakan alat pengukur dalam ruangan dan diharapkan dari hasil pengujian selanjutnya dapat dikembangkan lebih lagi menjadi sistem otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta (2021) *Jumlah Peristiwa Kebakaran Menurut Benda yang Terbakar dan Kota Administrasi di Provinsi DKI Jakarta 2018-2021*. Available at: <https://jakarta.bps.go.id/indicator/27/627/1/jumlah-peristiwa-kebakaran-menurut-benda-yang-terbakar-dan-kota-administrasi-di-provinsi-dki-jakarta.html> (Accessed: 18 February 2023).

Baltzman, S. (2022) *Smoke Detection Dataset*. Available at: <https://www.kaggle.com/datasets/deepcontractor/smoke-detection-dataset> (Accessed: 7 November 2022).

Douiba, M. *et al.* (2022) ‘Anomaly detection model based on gradient boosting and decision tree for IoT environments security’, *Journal of Reliable Intelligent Environments* [Preprint]. doi:<https://doi.org/10.1007/s40860-022-00184-3>.

Géron, A. (2019) *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, 2nd Edition*. 2nd edn. O'Reilly Media, Inc.

Jijo, B. and Abdulazeez, A. (2021) ‘Classification Based on Decision Tree Algorithm for Machine Learning’, *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 2(01), pp. 20–28. doi:10.38094/jastt20165.

Kumar, M. *et al.* (2020) ‘Smoke Detector Alarm’, *Pramana Research Journal*, 10(4), pp. 152–154.

Kusrorong, N.S.B., Sina, D.R. and Rumlaklak, N.D. (2019) ‘KAJIAN MACHINE LEARNING DENGAN KOMPARASI KLASIFIKASI PREDIKSI DATASET TENAGA KERJA NON-AKTIF ’, 7(1), pp. 37–49.

Lanus, E. *et al.* (2021) ‘Combinatorial Testing Metrics for Machine Learning’, in *2021 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW)*, pp. 81–84. doi:10.1109/ICSTW52544.2021.00025.

Marfuah, U., Sunardi, D. and Purnamasari Dewi, A. (2020) ‘Pelatihan Pencegahan dan Penanganan Kebakaran Untuk Warga RT 08 RW 09 Kelurahan Kebon Pala Kecamatan Makasar Jakarta Timur’, *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 3(1). doi:10.24853/jpmt.3.1.7-16.

Moslehi, S. *et al.* (2022) ‘Application of machine learning models based on decision trees in classifying the factors affecting mortality of COVID-19 patients in Hamadan, Iran’, *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 22(1), p. 192. doi:10.1186/s12911-022-01939-x.

Mukherjee, Ankita *et al.* (2019) ‘Development of a Smoke Detector’, 9(6), pp. 140–144. Available at: www.ijetae.com.

NIST (2021) *How Do Smoke Detectors Work?* Available at: <https://www.nist.gov/how-do-you-measure-it/how-do-smoke-detectors-work> (Accessed: 17 February 2023).

Nurdianti, D.A. (2022) ‘EFEKTIVITAS PELAYANAN PENANGANAN KEBAKARAN BERDASARKAN PEMBAGIAN MANAJEMEN WILAYAH DI KABUPATEN BANDUNG BARAT’.

Puthal, D. *et al.* (2022) ‘Decision tree based user-centric security solution for critical IoT infrastructure’, *Computers and Electrical Engineering*, 99, p. 107754. doi:10.1016/J.COMPELECENG.2022.107754.

Smith, J. (2018) *Data Science for Beginners: Introduction to Data Science: Python, Coding, Application, Statistics, Decision Tree, Neural Network, and Linear Algebra*. Amazon Digital Services LLC - Kdp Print Us.

Yépez, J. and Ko, S.B. (2020) ‘IoT-Based Intelligent Residential Kitchen Fire Prevention System’, *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 15(6), pp. 2823–2832. doi:10.1007/S42835-020-00529-Z/METRICS.