

Desain *Integetared Smart Sensor* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan untuk deteksi dini Kebakaran

As'ad Shidqy Aziz¹, Jendra Sesoca², Bayu Firmanto³

^{1,2,3} Universitas Wisnuwardhana, Malang, Indonesia

Article Info

Article history:

Diterima 28 Agustus 2023

Revisi 05 September 2023

Diterbitkan 18 Oktober, 2023

Keywords:

Smart Sensor

Jaringan Syaraf Tiruan

Kebakaran

Confution Matrix

ABSTRAK

Kebakaran berdasarkan *Fire Triangle* terjadi karena interaksi sumber berupa panas, oksigen dan bahan bakar. Dari interaksi ketiga unsur tersebut akan timbul nyala api. Setiap tempat kerja memiliki risiko terhadap kebakaran. Risiko tersebut berbeda antar satu tempat kerja dengan tempat kerja lainnya. Semakin tinggi risiko terjadinya kebakaran, maka semakin besar kerugian yang akan di tanggung oleh tempat kerja tersebut. Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan membangun *Smart Detector* untuk deteksi dini kebakaran dengan akurasi yang tinggi menggunakan tiga sensor yang terintegrasi berbasis Jaringan Syaraf Tiruan. Hasil pengujian sensor didapatkan nilai MSE 0,61 untuk sensor BH1750; 0,26 untuk sensor DHT11; dan 0,52 untuk sensor MQ-7. Berdasarkan analisa *confution matrix* dari pelatihan dan pengujian jaringan syaraf tiruan memperoleh akurasi sebesar 100%, *recall* sebesar 100% dan *precision* sebesar 100%.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

As'ad Shidqy Aziz

Universitas Wisnuwardhana, Jl. Danau Sentani Raya No.99, Malang (65139), Indonesia

Email: asaziz19@wisnuwardhana.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kebakaran berdasarkan *Fire Triangle* terjadi karena interaksi sumber berupa panas, oksigen dan bahan bakar [1]. Dari interaksi ketiga unsur tersebut akan timbul nyala api. Kebakaran dapat terjadi dimana saja dan kapan saja. Bahkan di hutan, perumahan, perkantoran, pertokoan, dan gedung-gedung tinggi. Setiap tempat kerja memiliki risiko terhadap kebakaran.. Kebakaran yang terjadi di tempat kerja akan berdampak pada semua aspek sumber daya yang ada, baik itu pengusaha, tenaga kerja maupun masyarakat luas yang ada di sekitar tempat kerja [2].

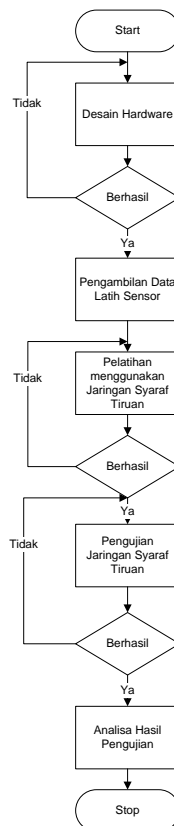
Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Keselamatan (Gulkarmat) DKI Jakarta menyebutkan dalam lima tahun terakhir sejak 2018 sampai Agustus 2022, ada 8.004 peristiwa kebakaran di Ibu Kota. Rinciannya, ada 1.751 kejadian pada 2018, ada 2.161 kebakaran pada 2019, sebanyak 1.501 kejadian pada 2020, 1.532 kejadian pada 2021, dan 1.059 kejadian pada 2022. Jumlah tersebut masih belum diikuti oleh kota – kota lain di seluruh Indonesia [3]. Kejadian kebakaran terbaru terjadi pada Depo milik PT Pertamina (Persero) di Plumpang, Jakarta Utara, terbakar pada Jumat malam, pukul 20.11 WIB, 3 Maret 2023. Api yang bersumber dari pipa bensin di kompleks tersebut membumbung tinggi hingga menyebabkan rumah-rumah warga di sekitar dilahap si jago merah [4]. Dari kejadian tersebut banyak menimbulkan korban jiwa dan kerugian secara materiil.

Untuk mendeteksi adanya kebakaran diperlukan sebuah detektor yang dapat mendeteksi apabila ada kebakaran. Sehingga, kebakaran dapat ditanggulangi secara dini agar tidak ada korban jiwa serta kerugian materiil yang ditimbulkan. Berdasarkan jenisnya detektor kebakaran umumnya hanya bekerja menggunakan sistem satu sensor saja contohnya smoke detector, heat detector atau gas detector [5]. Sistem satu sensor ini sangat riskan terjadi kesalahan pembacaan seperti yang terjadi pada alarm kebakaran pada Gedung DPRD DKI yang berbunyi dikarenakan kesalahan pembacaan sensor [6]. Selain itu data lain menunjukkan pada rentang 2009-2023 terdapat sebanyak 2536 kesalahan pembacaan alarm dikarenakan asap yang ditimbulkan oleh proses memasak [7].

Sebagai solusi pemecahan masalah dari detektor kebakaran yang mengalami kesalahan pendeteksian, maka diperlukan sebuah sistem deteksi kebakaran cerdas yang terintegrasi dari beberapa macam sensor (Integrated Smart Sensor). Untuk membangun hal tersebut diperlukan juga algoritma yang dapat meningkatkan akurasi pembacaan sensor dan juga melakukan pembelajaran untuk membedakan kondisi saat terjadi kebakaran atau tidak layaknya manusia membedakan sebuah kondisi. Hal ini disebut dengan artificial intelligence. Proses yang terjadi dalam Artificial Intelligence mencakup learning, reasoning, dan self-correction. Proses ini mirip dengan manusia yang melakukan analisis sebelum memberikan keputusan [8]. Salah satu cabang dari Artificial Intelligence adalah Jaringan syaraf tiruan. Jaringan Syaraf Tiruan berfungsi sebagai pengganti saraf dan otak manusia dengan kemampuan belajar dan generalisasi dengan cepat dalam pengenalan pola [9]. Jaringan Syaraf tiruan telah banyak digunakan baik dalam bidang pengenalan pola (pattern recognition), Signal Processing dan Peramalan (forecasting). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Aziz [10] dan Mancinelli [11] yang memanfaatkan Jaringan Syaraf Tiruan untuk menentukan pola logika dasar dan mempercepat proses data. Oleh karena itu, fokus pada penelitian adalah mendesain sebuah *integerated smart sensor* untuk deteksi kenbakaran.

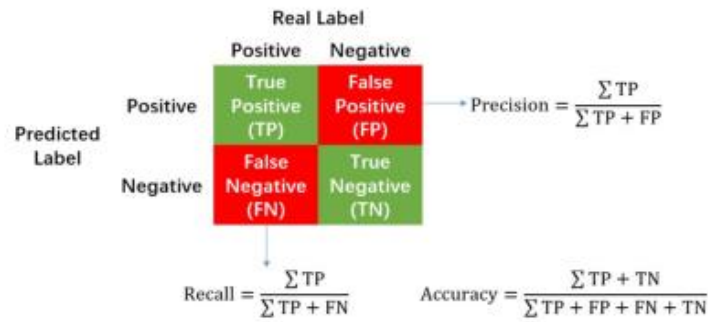
2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya melakukan perancangan Hardware; Pengambilan data latih dan data uji dari sensor asap, sensor cahaya dan sensor suhu; Melakukukan pelatihan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan; Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan; dan Analisa Hasil. Tahapan penelitian dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

Untuk analisa keakuratan dalam hasil pengujian jaringan syaraf tiruan merode yang digunakan adalah metode *Confution Matix*. *Confution matrix* dapat digunakan untuk menentukan akurasi dan kepresisian dari pengolahan data [12]. Terdapat 4 data dari sebuah *Confution Matrix* diantaranya data *True Positive*, *False Positive*, *True Negative* dan *False Negative* [13]. Dari empat data tersebut dapat dihitung beberapa nilai yang dapat dilihat dalam Persamaan 1, Persamaan 2 dan Persamaan 3.



Gambar 5. Bentuk Confution Matrix

$$recall = \frac{\sum TP}{\sum TP + FN} \quad (1)$$

Berdasarkan Persamaan 1 dapat diartikan bahwa *Recall* (*r*) adalah banyaknya prediksi yang benar dalam kelas positif dibagi dengan jumlah positif sebenarnya di penelitian.

$$Precision = \frac{\sum TP}{\sum TP + FP} \quad (2)$$

Precision (*P*) adalah jumlah prediksi yang benar dalam kelas positif dibagi dengan jumlah yang diklasifikasikan positif

$$Accuracy = \frac{\sum TP + TN}{\sum TP + FP + FN + TN} \quad (3)$$

Accuracy (*P*) adalah jumlah prediksi yang benar dalam kelas positif dibagi dengan jumlah yang diklasifikasikan positif

dengan:

TP (*True Positive*): jumlah prediksi yang benar di kelas positif.

FP (*False Positive*): jumlah prediksi yang salah dalam kelas positif.

FN (*Negatif Palsu*): jumlah prediksi yang salah di kelas negatif

TN (*True Negative*): jumlah prediksi yang benar dalam kelas negatif

3. HASIL DAN PEMBAHASAN (10 PT)

Terdapat beberapa tahapan yang harus di selesaikan dalam penelitian ini sebagaimana yang dapat dilihat dalam Flow chart dalam Gambar 1 .Uraian dari beberapa tahapan yang telah dilaksanakan sebagai berikut

3.1. Pengujian Sensor

Proses pengujian ini dilakukan dengan membandingkan data yang didapat dalam pembacaan ketiga sensor yang digunakan yaitu sensor cahaya BH1750, sensor suhu DHT11 dan sensor asap MQ-7 dengan alat ukur yang ada di pasaran. Dari perbandingan tersebut nantinya akan dihitung nilai kesalahannya (*error*) menggunakan Persamaan 4 *MSE* (*Mean squared error*) [14].

$$MSE = \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n} \quad (4)$$

dimana :

y : Nilai aktual

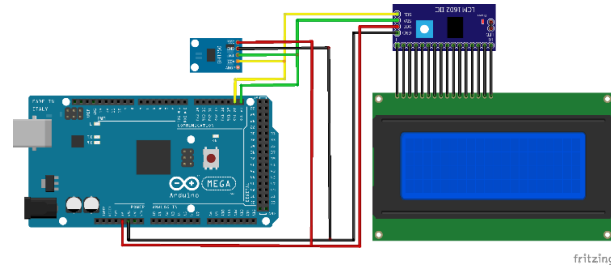
\hat{y} : Nilai Prediksi

n : Jumlah data sampel

3.1.1 Pengujian Sensor Cahaya BH1750

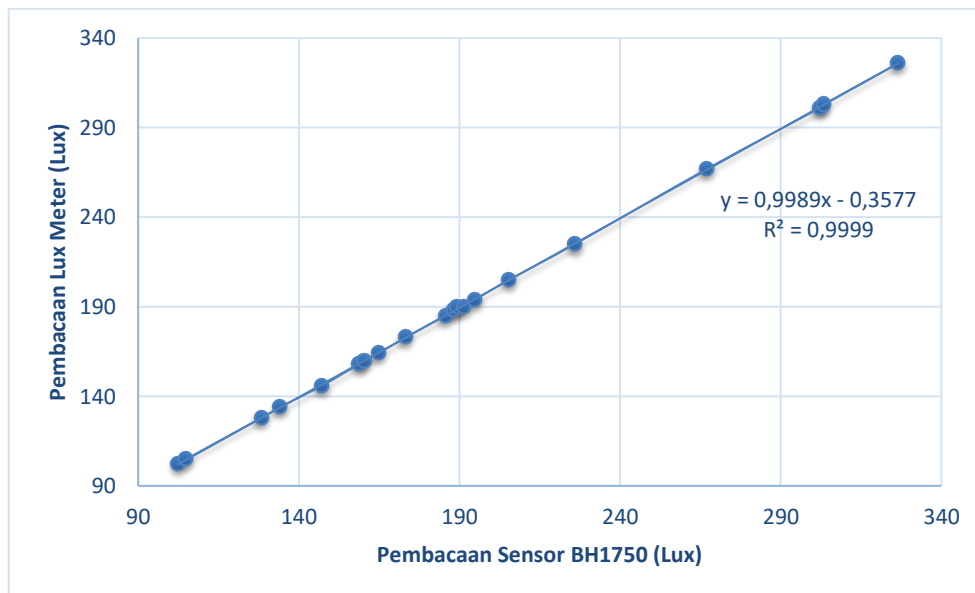
Dalam pengujian sensor ini dilakukan pengambilan 20 data dengan rentang cahaya antara 102 Lux sampai dengan 302 Lux. Sumber cahaya yang digunakan adalah lampu emergency yang dapat diatur intensitas

cahaya. Pin yang digunakan dalam pengujian sensor BH1750 adalah pin SCL dan SDA pada Arduino Mega. Hal ini dikarenakan komunikasi yang digunakan pada sensor BH1750 menggunakan komunikasi serial yang membutuhkan jalur *clock* dan jalur data. Alat ukur yang digunakan sebagai pembandingan hasil pembacaan sensor BH1750 adalah *Lux meter*. Sedangkan rangkaian pengujian dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian Sensor BH1750

Data hasil perbandingan pembacaan sensor cahaya dengan Lux meter dapat dilihat dalam grafik Gambar 3.

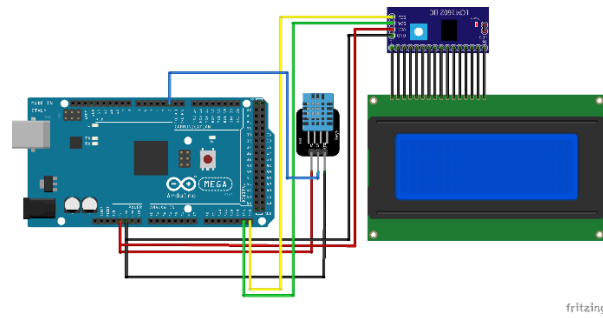


Gambar 3. Perbandingan Pembacaan Sensor dengan Pembacaan Lux Meter

Berdasarkan data dalam Gambar 3 dapat dilihat bahwa pembacaan nilai yang dihasilkan oleh sensor berbanding lurus dengan pembacaan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh Lux Meter serta menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9999. Dimana nilai ini digunakan untuk mengukur kesesuaian sebuah model linier [15]. Jika nilai mendekati 1 maka nilai memiliki nilai korelasi yang sangat kuat [16]. Selain itu, berdasarkan 20 data yang diperoleh dari pengujian jika dihitung nilai MSEnya menggunakan Persamaan (4) didapatkan nilai MSE sebesar 0,61. Sehingga, dari nilai MSE yang dihasilkan menandakan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dikarenakan MSE dapat digunakan sebagai ukuran obyektif sebuah data [17].

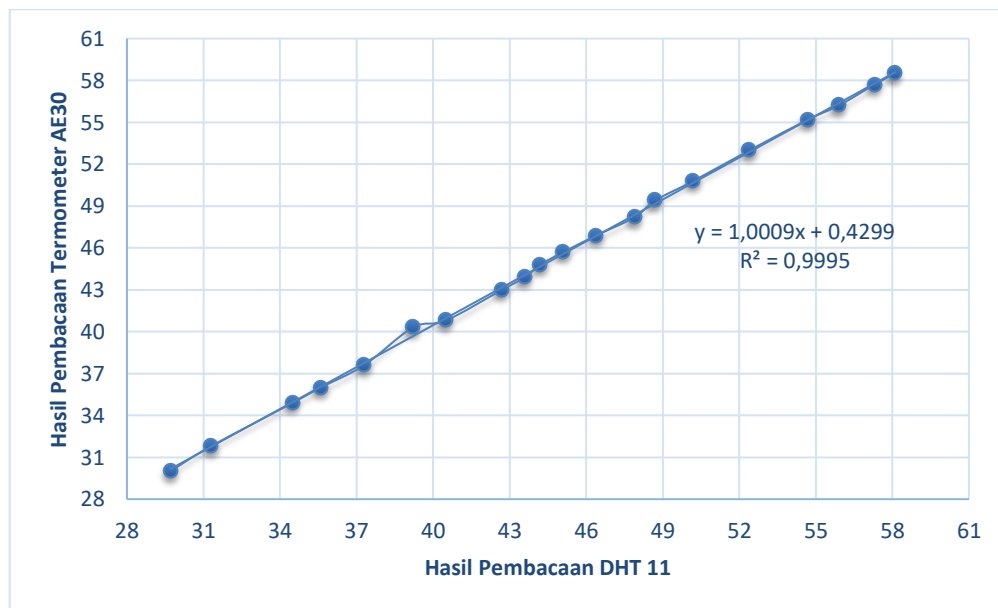
3.1.2 Pengujian Sensor Suhu DHT 11

Dalam pengujian sensor ini dilakukan pengambilan 20 data dengan rentang suhu antara 290 C sampai dengan 580C. Sumber panas yang digunakan adalah sumber panas yang dihasilkan oleh solder. Alat ukur yang digunakan sebagai pembandingan hasil pembacaan sensor DHT11 adalah Termometer Gun Smart Sensor tipe AE320. Sedangkan rangkaian pengujian dapat dilihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. Pengujian Sensor DHT 11

Data hasil perbandingan pembacaan sensor suhu DHT11 dengan Termometer dapat dilihat dalam grafik Gambar 5.

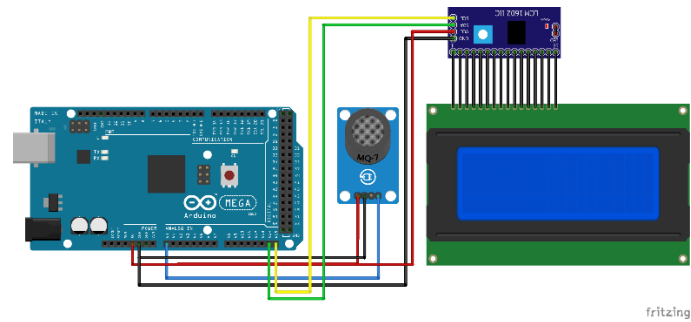


Gambar 5. Perbandingan Pembacaan Sensor DHT 11 dengan Pembacaan Termometer

Berdasarkan data dalam Gambar 5 dapat dilihat bahwa pembacaan nilai yang dihasilkan oleh sensor berbanding lurus dengan pembacaan suhu yang dihasilkan oleh Termometer AE320 serta menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9995. Nilai R^2 yang didapatkan mendekati 1 hal tersebut menunjukkan bahwa nilai pembacaan DHT11 dengan Termometer AE30 memiliki nilai korelasi yang sangat kuat. Selain itu, berdasarkan 20 data yang diperoleh dari pengujian jika dihitung nilai MSEnya didapatkan nilai MSE sebesar 0,26. Hal ini menandakan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan untuk tahapan selanjutnya yaitu pengambilan data latih dan data uji.

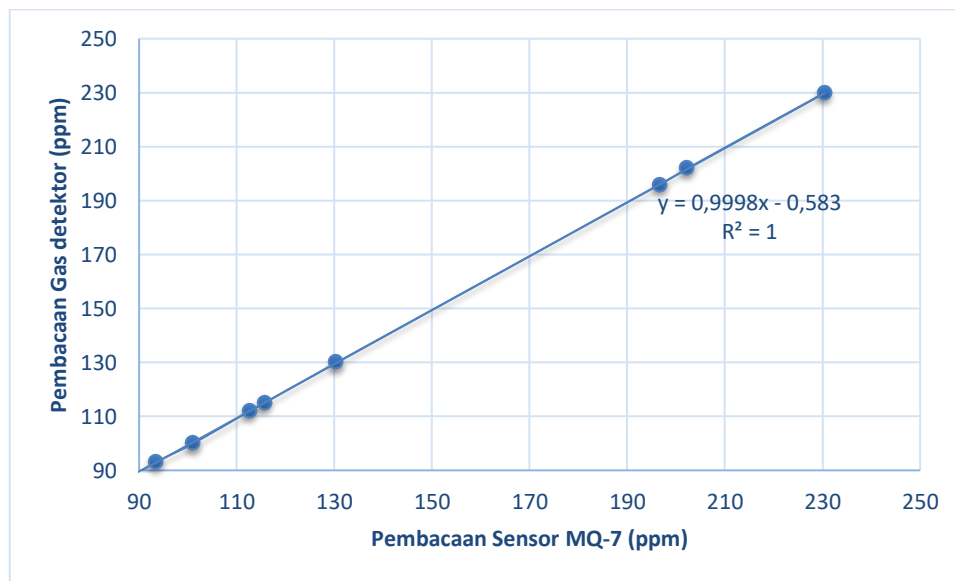
3.1.3 Pengujian Sensor MQ-7

Dalam pengujian sensor ini dilakukan pengambilan 20 data dengan rentang suhu antara 12 ppm sampai dengan 230 ppm. Sumber asap yang digunakan adalah asap dari pembakaran kertas yang menghasilkan gas karbon monoksida. Alat ukur yang digunakan sebagai pembanding hasil pembacaan sensor ini adalah gas detector carbon monoxide AS8700A. Sedangkan rangkaian pengujian dapat dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Sensor MQ-7

Data hasil perbandingan pembacaan sensor sap dengan gas detector dapat dilihat dalam grafik Gambar 7.

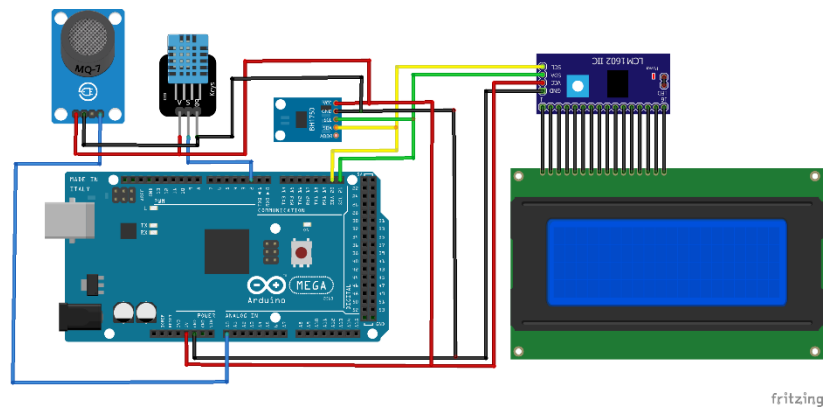


Gambar 7. Perbandingan Pembacaan Sensor MQ-7 dengan Pembacaan Gas Detektor

Berdasarkan data dalam Gambar 7 dapat dilihat bahwa pembacaan nilai yang dihasilkan oleh sensor berbanding lurus dengan pembacaan suhu yang dihasilkan oleh *Gas Detector* AS8700A serta menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 1. Nilai R^2 yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai pembacaan MQ-7 dengan *Gas Detector* AS8700A memiliki nilai korelasi yang sangat kuat. Selain itu, berdasarkan 20 data yang diperoleh dari pengujian jika dihitung nilai MSEnya didapatkan nilai MSE sebesar 0,52. Hal ini menandakan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan untuk tahapan selanjutnya yaitu pengambilan data latih dan data uji.

3.2. Pengambilan Data Latih dan Data Uji Smart Sensor

Dalam pengambilan data latih hal pertama yang dilakukan adalah merancang antarmuka dari sensor dan arduino yang digunakan untuk pengambilan data latih dan data uji. Pin – pin yang digunakan dalam mikrokontroler arduino Mega diantaranya adalah pin digital untuk sensor suhu, Pin Analog untuk sensor gas/asap dan pin sda scl untuk sensor cahaya BH1750. Gambar perancangan antarmuka untuk pengambilan data latih dan data uji dapat dilihat dalam Gambar 8.



Gambar 8. Antarmuka Pengambilan data latih dan data uji

Pengambilan data latih dan data uji ini disesuaikan dengan yang telah direncanakan dalam proposal dengan batasan pengambilan data dalam ruangan tertutup berukuran maksimal 3 x 3 meter. Dimana, kondisi ruangan pada saat pengambilan data memiliki intensitas cahaya sebesar 10 – 11 Lux; Suhu 29°C; dan kadar CO 4 ppm. Selain itu, pengambilan data latih dan data uji dilakukan pada 6 posisi dari ketiga sensor dengan sumber kebakaran yaitu kertas, kain dan kayu. Sumber gangguan lilin, water heater dan obat nyamuk. Masing – masing posisi tersebut nantinya akan dilakukan pengambilan data sebanyak 30 data. Sehingga, akan terdapat total data latih dan data uji sebanyak 540 data untuk sumber kebakaran dan 540 data untuk sumber gangguan. Berdasarkan 1080 data yang telah didapatkan tersebut dilakukan proses normalisasi data sebelum dilakukan pelatihan jaringan syaraf tiruan menggunakan Persamaan 5.

$$X' = \frac{(X - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} \quad (5)$$

Dengan,

X' = Data yang sudah dinormalisasi

X = Data yang diperoleh

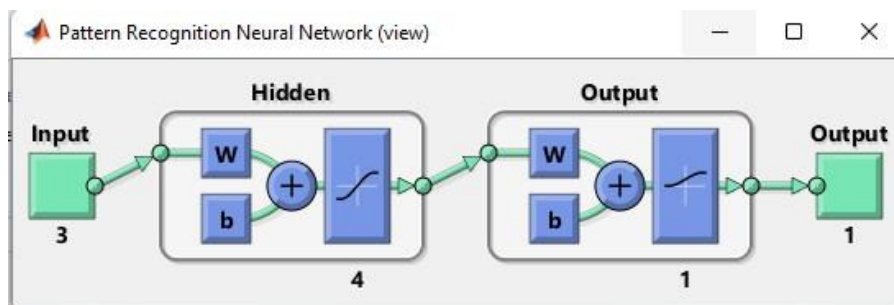
X_{max} = Nilai maksimal dari kelompok data yang diperoleh

X_{min} = Nilai minimal dari kelompok data yang diperoleh

3.3 Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan

Pelatihan jaringan syaraf tiruan dilakukan setelah mendapatkan data latih dan data uji pada pengambilan data masing – masing sensor. Pada pelatihan jaringan syaraf tiruan ini terdapat dua kondisi yang menentukan bahwa sistem mendeteksi adanya kebakaran dan tidak mendeteksi adanya kebakaran. Output jaringan akan mendeteksi adanya kebakaran ketika ketiga sensor membaca data latih dari bahan sumber kebakaran yaitu kain, kertas dan kayu. Sedangkan output jaringan tidak mendeteksi adanya kebakaran ketika bersumber dari data latih yang diperoleh dari sumber gangguan yaitu lilin, water heater dan obat nyamuk. Analisa yang dilakukan dari data uji menggunakan metode *Confution Matrix*.

Proses pelatihan jaringan syaraf tiruan menggunakan fitur *neural network* yang ada pada aplikasi matlab dengan ketentuan 810 sampel digunakan untuk data pelatihan, dan 216 sampel data sebagai data uji dari total 1080 data yang didapat dari proses pengambilan data sensor cahaya, suhu dan asap sebelumnya. Model jaringan syaraf tiruan yang digunakan menggunakan 3 buah neuron input dengan 1 hidden layer yang berisi 4 neuron. Model jaringan dapat dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Model Jaringan Smart Sensor

Dari model jaringan tersebut proses pelatihan dihentikan pada iterasi ke 40 ketika jaringan dapat mempelajari pola dari data latih yang digunakan. Hasil yang diperoleh dari pelatihan tersebut diantaranya nilai TP sebesar 395, FP sebesar 0, FN sebesar 0 dan TN sebesar 415 sehingga dapat dihitung nilai akurasinya sebagai berikut

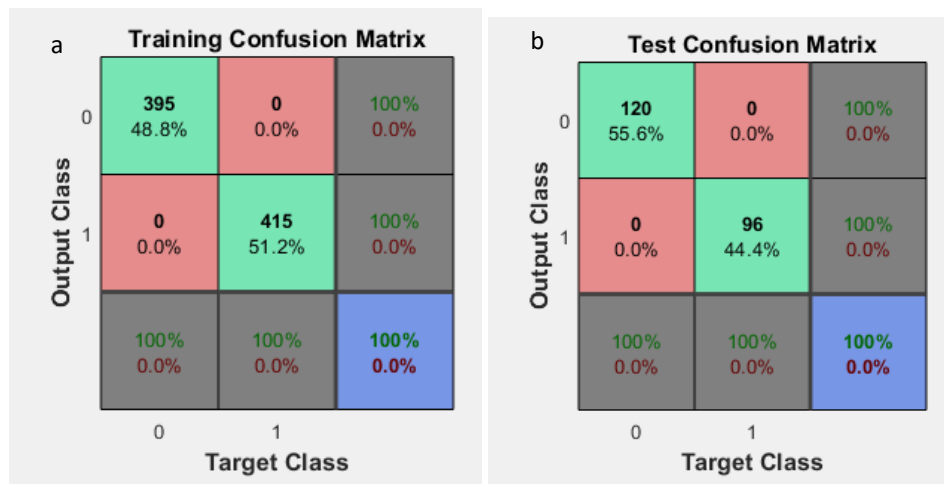
$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100\%$$

$$Accuracy = \frac{395 + 415}{395 + 0 + 415 + 0} \times 100\%$$

$$Accuracy = \frac{395 + 415}{395 + 0 + 415 + 0} \times 100\%$$

$$Accuracy = 100\%$$

Selain itu didapatkan juga nilai *recall* sebesar 100 % dan nilai *precision* sebesar 100 %. Data hasil pelatihan jika direpresentasikan dalam bentuk *confusion matrix* dapat dilihat dalam Gambar 7a. Sedangkan untuk hasil pengujian menggunakan cara yang sama dengan penghitungan *accuracy* pelatihan didapatkan *confusion matrix* seperti dalam Gambar 7b.



Gambar 7a. *Confusion Matrix* Pelatihan JST, b. *Confusion Matrix* Pelatihan JST

Besarnya akurasi 100 % yang didapatkan dari pelatihan jaringan syaraf tiruan menandakan bahwa model ini telah berhasil melakukan pelatihan dan pengujian jaringan. Tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah mencatat nilai bobot yang diperoleh dari pelatihan tersebut. Bobot – bobot ini diambil pada setiap neuron jaringan yang selanjutnya digunakan sebagai data untuk implementasi jaringan syaraf tiruan pada mikrokontroler arduino.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan metode yang digunakan pada penelitian ini mendapatkan hasil bahwa model jaringan syaraf tiruan yang dirancang untuk *Integrated Smart Sensor* dapat mendeteksi adanya kebakaran. Hal tersebut dapat dilihat dari analisa *confusion matrix* didapatkan. Dimana hasil pelatihan dan pengujian jaringan syaraf tiruan memperoleh akurasi sebesar 100%, *recall* sebesar 100% dan *precision* sebesar 100%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada KEMDIKBUDRISTEK DIKTI yang telah mendanai sepenuhnya penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula 2023.

REFERENSI

- [1] Jones DB, Brunt LM, Feldman LS, Mikami DJ, Robinson TN, Jones SB. Safe energy use in the operating room. *Curr Probl Surg* 2015;52:447–68. <https://doi.org/10.1067/j.cpsurg.2015.08.004>.
- [2] Haqi DN. Nalisis Potensi Bahaya Dan Risiko Terjadinya Kebakaran Dan Ledakan Di Tangki Penyimpanan Lpg Pertamina Perak Surabaya. *Indones J Occup Saf Heal* 2019;7:321. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v7i3.2018.321-328>.

- [3] Kompas.com. Ada 8.004 Kebakaran Terjadi Sepanjang 2018-2022, Korsleting Jadi Penyebab Terbanyak.
- [4] Pebrianto F. Fakta Kebakaran Depo Pertamina Plumpang: Korban, Penyebab, Kesaksian Warga hingga Stok BBM 2023.
- [5] Anonim. Jenis Detektor Alarm Kebakaran Beserta Fungsi & Cara Kerjanya n.d. <https://www.bromindo.com/jenis-detektor-alarm-kebakaran/> (accessed March 28, 2023).
- [6] Keteng AM. Asap Rokok Diduga Picu Alarm Kebakaran Gedung DPRD DKI Berbunga 2014.
- [7] Anonim. False Alarm Incident Statistics 2023. <https://www.ddfire.gov.uk/false-alarm-incident-statistics> (accessed July 11, 2023).
- [8] Sobron M, Lubis. Implementasi Artificial Intelligence Pada System Manufaktur Terpadu. *Semin Nas Tek UISU* 2021;4:1–7.
- [9] Supriyanto S, Sunardi S, Riadi I. Pengaruh Nilai Hidden layer dan Learning rate Terhadap Kecepatan Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. *JIKO (Jurnal Inform Dan Komputer)* 2022;6:27. <https://doi.org/10.26798/jiko.v6i1.508>.
- [10] Aziz AS. Model Neuron Mc Culloch-Pitts dalam Pengenalan Pola Logika Dasar. *JEECOM J Electr Eng Comput* 2022;4:51–6. <https://doi.org/10.33650/jeeecom.v4i2.3673>.
- [11] Mancinelli M, Bazzanella D, Bettotti P, Pavesi L. A photonic complex perceptron for ultrafast data processing. *Sci Rep* 2022;12:1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08087-2>.
- [12] Suryadewiansyah MK, Tju TEE. Naïve Bayes dan Confusion Matrix untuk Efisiensi Analisa Intrusion Detection System Alert. *J Nas Teknol Dan Sist Inf* 2022;8:81–8. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v8i2.2022.81-88>.
- [13] Ma J, Ding Y, Cheng JCP, Tan Y, Gan VJL, Zhang J. Analyzing the Leading Causes of Traffic Fatalities Using XGBoost and Grid-Based Analysis: A City Management Perspective. *IEEE Access* 2019;7:148059–72. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946401>.
- [14] Botchkarev A. A new typology design of performance metrics to measure errors in machine learning regression algorithms. *Interdiscip J Information, Knowledge, Manag* 2019;14:45–76. <https://doi.org/10.28945/4184>.
- [15] Piepho HP. An adjusted coefficient of determination (R²) for generalized linear mixed models in one go. *Biometrical J* 2023:1–17. <https://doi.org/10.1002/bimj.202200290>.
- [16] Sugito S, Marliyana SD. Uji Performa Spektrofotometer Serapan Atom Thermo Ice 3000 Terhadap Logam Pb Menggunakan CRM 500 dan CRM 697 di UPT Laboratorium Terpadu UNS. *Indones J Lab* 2021;4:67. <https://doi.org/10.22146/ijl.v4i2.67438>.
- [17] Hodson TO, Over TM, Foks SS. Mean Squared Error, Deconstructed. *J Adv Model Earth Syst* 2021;13:1–10. <https://doi.org/10.1029/2021MS002681>.