

**SISTEM *MONITORING* KEAMANAN TABUNG GAS LPG
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN METODE
BACK PROPAGATION BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)***

(Skripsi)

Oleh

Ramadhani A



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

SISTEM *MONITORING* KEAMANAN TABUNG GAS LPG MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN METODE *BACK PROPAGATION* BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

Oleh

Ramadhani A

Penelitian ini bertujuan untuk membuat Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk menentukan hasil *monitoring* gas LPG berdasarkan kadar kebocoran gas, kadar asap, api, dan suhu sekitar, serta untuk menerapkan teknologi *internet of things* dalam sistem *monitoring*. Variasi jumlah *node* pada lapisan tersembunyi menunjukkan bahwa kinerja JST akan maksimal dengan 7 *node* pada lapisan tersembunyi dengan nilai akurasi sebesar 99,63%, presisi sebesar 100%, dan *loss function* sebesar 0,423%. Mikrokontroler yang digunakan adalah *NodeMCU ESP32S*, dengan masukan dari sensor MQ-6 untuk mendeteksi kebocoran gas LPG, sensor *infrared* untuk mendeteksi api, sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap, dan sensor DHT-22 untuk mengukur suhu sekitar. Keluaran sistem yang dihasilkan berupa tampilan *monitoring* menggunakan *platform Blynk*, pengontrolan kipas dan *buzzer*, serta notifikasi menggunakan *WhatsApp*. Sistem akan menghidupkan kipas ketika kadar LPG yang terdeteksi melebihi 250 ppm.

Kata kunci : *Back propagation, Blynk, Internet of Things (IOT), monitoring LPG.*

ABSTRACT

LPG SAFETY MONITORING SYSTEM USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK WITH BACK PROPAGATION METHOD BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IOT)

By

Ramadhani A

The purposes of this research are to make an Artificial Neural Network (ANN) to determine LPG monitoring based on gas concentration, smoke concentration, flame, dan the surrounding temperature, as well as to apply internet of things technology into the monitoring system. Node variation on hidden layer showed that the ANN's performance will be maximal with 7 node on hidden layer with the accuracy of 99,63%, the precision of 100%, and loss function of 0,423%. The microcontroller used was NodeMCU ESP32S, with the inputs of MQ-6 sensor used to detect the LPG leakage, infrared sensor used to detect flames, MQ-2 sensor used to detect smoke, and DHT-22 sensor used to measure the surrounding temperature. The outputs produced by the systems are monitoring display using Blynk platform, fan and buzzer controlling, as well as WhatsApp notification. The system will turn the fan on when the detected LPG value is above 250 ppm.

Kata kunci : Back propagation, Blynk, Internet of Things (IOT), LPG monitoring

**SISTEM *MONITORING* KEAMANAN TABUNG GAS LPG
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN METODE
BACK PROPAGATION BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)***

Oleh

RAMADHANI A

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Penelitian : **SISTEM *MONITORING* KEAMANAN
TABUNG GAS LPG MENGGUNAKAN
JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN
METODE *BACKPROPAGATION* BERBASIS
*INTERNET OF THINGS (IoT)***

Nama Mahasiswa : **Ramadhani A**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817041061**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

Drs. Amir Supriyanto, M.Si.
NIP. 196504071991111001

Arif Surtoto, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 197109092000121001

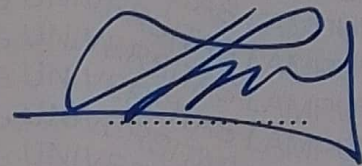
2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Gurum Ahmad Pauzi, S. Si., M. T.
NIP. 198010102005011002

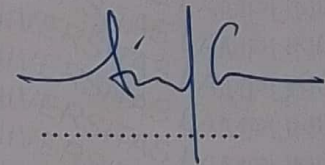
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

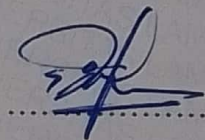
Ketua : **Drs. Amir Supriyanto, M. Si.**



Sekretaris : **Arif Surtono, S. Si., M. Si., M.Eng**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Sri Wahyu Suciwati, S. Si., M. Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Sripto Dwi Yuwono, S. Si., M. T.
NIP. 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **29 November 2022**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang sama persis dengan yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 November 2022



Ramadhani A
NPM. 1817041061

RIWAYAT HIDUP

Penulis Bernama lengkap Ramadhani Abidin. Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 28 November 2000. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Edwin Gustami dan Ibu Jumaroh. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Baru Ranji pada tahun 2012, SMP PGRI 1 Merbau Mataram pada tahun 2015, dan SMA Taman Siswa Teluk Betung pada tahun 2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN pada tahun 2018. Penulis pernah aktif dalam kegiatan organisasi seperti menjadi anggota bidang Minat dan Bakat HIMAFI FMIPA Unila pada tahun 2018 sampai dengan tahun 2020, dan anggota bidang Kepelatihan UKM Bulutangkis Unila pada tahun 2018. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Fisika Dasar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2021 dengan judul laporan **“Rancang Bangun *Orbital Shaker* Sederhana Berbasis *Motor Stepper NEMA 17 dan Arduino Uno*”**. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Baru Ranji, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan. Penulis pernah mengikuti **Kompetisi Nasional Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (KNMIPA)** tingkat wilayah pada tahun 2020 dan tingkat nasional pada tahun 2021.

MOTTO

Man Jadda Wa Jadda

Barang siapa yang bersungguh-sungguh pasti akan berhasil

Talk Less, Do More!

(Clas Mild)

PERSEMBAHAN

Dengan Penuh Rasa Syukur Kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karya ini
dipersembahkan kepada:

Kedua Orang Tuaku

Bapak Edwin Gustami, dan Ibu Jumaroh

Yang telah membesarkan, mendidik, dan tak pernah lelah memberikan doa dan
dukungan sehingga putranya mampu menyelesaikan Pendidikan di tingkat
universitas sebagai sarjana

Keluarga Besar dan Teman-teman

Terimakasih atas segala dukungan yang diberikan sehingga dapat tetap bertahan
dalam keadaan suka dan duka

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Tuhan Yang Maha Kuasa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sistem *Monitoring Keamanan Tabung Gas LPG Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation Berbasis Internet Of Things (IoT)***”. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 30 November 2022

Penulis

Ramadhani A

SANWACANA

Segala puji bagi Allah, yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak sedikit rintangan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih telah membantu penyusunan skripsi ini kepada:

1. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M. Si., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu membimbing dan mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Arif Surtono, S. Si., M. Si., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan ilmu dan bimbingannya dalam penulisan skripsi ini.
3. Ibu Sri Wahyu Suciwati, S. Si., M. Si., selaku pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini dapat lebih baik.
4. Bapak Dr.rer.nat. Roniyus Marjunus, S. Si., M. Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingannya selama penulis menajalani perkuliahan di Universitas Lampung.
5. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S. Si., M. T., selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S. Si., M. T., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.

7. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Universitas Lampung.
8. Para staff dan karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu penulis memenuhi kebutuhan administrasi dan lainnya selama penulis menjalani perkuliahan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
9. Bapak Edwin Gustami dan Ibu Jumaroh serta keluarga besar yang tanpa kenal lelah memberi semangat dan memotivasi penulis.
10. Teman-teman dan keluarga besar HIMAFI yang telah memberikan pengalaman yang luar biasa.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis selama menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas dengan yang lebih baik. Aamiin.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	7
2.2 <i>Liquified Petroleum Gas (LPG)</i>	11

2.3 Jaringan Saraf Tiruan (JST)	12
2.4 Metode <i>Backpropagation</i>	16
2.5 <i>Internet Of Things (IoT)</i>	20
2.6 <i>NodeMCU ESP32S</i>	21
2.7 Sensor Semikonduktor Oksida Logam.....	22
2.7.1 Sensor MQ-2.....	24
2.7.2 Sensor MQ-6.....	25
2.8 Sensor DHT-22	25
2.9 Sensor Api (<i>Infrared Flame Detector</i>).....	28
2.10 LCD I2C	30
2.11 <i>Buzzer</i>	31
2.12 <i>Relay</i>	31
2.13 <i>Blynk</i>	33
2.14 <i>Software Python</i>	34

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.2 Alat dan Bahan	37
3.3 Prosedur Penelitian.....	37
3.3.1 Perancangan Alat	41
3.3.2 Pemrograman Jaringan Saraf Tiruan	45
3.3.3 Perancangan Sistem <i>IoT</i>	47
3.3.4 Pengujian Sistem <i>Monitoring</i>	48

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Alat <i>Monitoring</i>	49
4.2 Hasil Pengujian Sensor Gas	52
2.7.1 Pengujian Sensor MQ-6.....	52
2.7.2 Pengujian Sensor MQ-2.....	54
4.3 Pengujian Sensor Suhu DHT-22	56
4.4 Pengujian Sensor <i>Infrared</i>	60
4.5 Hasil Pemrograman Jaringan Saraf Tiruan (JST).....	62
4.5.1 Analisis Hasil Pelatihan Model JST-1	66
4.5.2 Analisis Hasil Pelatihan Model JST-2.....	68
4.5.3 Analisis Hasil Pelatihan Model JST-3.....	70
4.6 Implementasi JST Pada Alat <i>Monitoring</i>	74
4.7 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	78
4.7.1 Pengujian kipas dan <i>buzzer</i>	78
4.7.2 Pengujian Hasil <i>Monitoring</i> Menggunakan <i>Blynk</i>	79
4.7.3 Pengujian Notifikasi Menggunakan <i>Twilio</i>	80

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan.....	83
5.2 Saran.....	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 (a) Tampilan Program di Android, (b) rancangan alat secara keseluruhan (Aryan & Bella, 2021).....	8
Gambar 2. 2 (a) diagram skematik dan (b) tampilan SMS untuk pemilik rumah (Hakim & Yonatan, 2017).....	9
Gambar 2. 3 Diagram Sistem (Dewi et al., 2021)	10
Gambar 2. 4 Cara Kerja Sistem (Hermawan et al., 2019).....	11
Gambar 2. 5 Arsitektur jaringan saraf tiruan (Mueller & Massaron, 2020).....	13
Gambar 2. 6 Tahap <i>feed forward</i> (Graupe, 2006)	17
Gambar 2. 7 Tahap <i>backpropagation</i> (Graupe, 2006)	19
Gambar 2. 8 GPIO NodeMCU ESP32S (Indrawan et al., 2020).	22
Gambar 2. 9 Prinsip kerja sensor oksida logam (Franke et al., 2006).....	23
Gambar 2. 10 Sensor MQ-2 (Putra A. P. et al., 2021).....	25
Gambar 2. 11 Sensor MQ-6 (Dirgantara et al., 2017).....	25
Gambar 2. 12 Sensor suhu DHT-22 (Abdulrazak et al., 2018)	27
Gambar 2. 13 Sensor <i>Infrared</i> (Marselinus et al., 2010).....	28
Gambar 2. 14 Rangkaian dasar fotodiode (Sumarto, 2017)	29
Gambar 2. 15 LCD I2C (Deswar & Pradana, 2021)	30
Gambar 2. 16 <i>Buzzer</i> (Khakim et al., 2022).....	31
Gambar 2. 17 <i>Relay</i> (Turang, 2015).....	32

Gambar 2. 18 Tampilan <i>dashboard Blynk</i> (Taradhyatama et al., 2022)	34
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	38
Gambar 3. 2 Desain sistem <i>monitoring</i> (bagian luar).....	42
Gambar 3. 3 Desain sistem <i>monitoring</i> (bagian dalam)	43
Gambar 3. 4 Diagram blok sistem <i>monitoring</i>	44
Gambar 3. 5 Tampilan <i>dashboard IoT</i>	48
Gambar 4. 1 Realisasi alat sistem <i>monitoring</i> (tampilan luar)	49
Gambar 4. 2 Realisasi alat sistem <i>monitoring</i> (bagian dalam).....	50
Gambar 4. 3 Penempatan alat <i>monitoring</i>	52
Gambar 4. 4 Grafik hasil pengujian sensor MQ-6 (sensor gas)	54
Gambar 4. 5 Grafik respon sensor MQ-2 (sensor asap)	56
Gambar 4. 6 Grafik hasil pengujian awal sensor DHT-22	58
Gambar 4. 7 Grafik hasil pembacaan sensor DHT-22 setelah dikalibrasi	60
Gambar 4. 8 Grafik respon sensor <i>infrared</i> (sensor api)	62
Gambar 4. 9 Model JST-1	67
Gambar 4. 10 Model JST-2	69
Gambar 4. 11 Model JST-3	71
Gambar 4. 12 Tampilan <i>web dashboard</i> dan <i>mobile dashboard</i>	80
Gambar 4. 13 Notifikasi <i>WhatsApp</i>	81

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian	36
Tabel 3. 2 Alat dan bahan yang digunakan	37
Tabel 3. 3 Data hasil pengujian sensor gas	39
Tabel 3. 4 Data hasil pengujian sensor DHT-22	40
Tabel 3. 5 Data hasil pengujian sensor <i>infrared</i>	40
Tabel 3. 6 Jumlah node pada lapisan tersembunyi.....	45
Tabel 3. 7 Pengukuran tingkat akurasi model JST yang dibuat	46
Tabel 3. 8 Cuplikan <i>dataset</i> untuk melatih JST	47
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor MQ-6.....	53
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor MQ-2.....	55
Tabel 4. 3 Hasil pembacaan sensor DHT-22 setelah dikalibrasi.....	59
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sensor <i>infrared</i>	61
Tabel 4. 5 <i>Confusion Matrix</i> Model JST-1	68
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Parameter Model JST-1	68
Tabel 4. 7 <i>Confusion Matrix</i> Model JST-2	70
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Parameter Model JST-2.....	70
Tabel 4. 9 <i>Confusion Matrix</i> Model JST-3	72
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Parameter Model JST-3.....	72
Tabel 4. 11 Perbandingan <i>loss function</i> dan parameter ketiga model JST.....	73

Tabel 4. 12 Jumlah <i>node hidden layer</i> optimal	73
Tabel 4. 13 Hasil pengujian kipas dan <i>buzzer</i>	79

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menyikapi Keputusan Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral No : 1971/26MEM/2007 tanggal 22 Mei 2007, bahwasanya pemerintah mencanangkan konversi dari minyak bumi (minyak tanah) menjadi gas alam (LPG) . Beralihnya penggunaan LPG di masyarakat saat ini, bertujuan untuk menggantikan minyak tanah sebagai bahan bakar, dimana bahan bakar yang satu ini relatif mahal dan sulit diperoleh. Sehingga penggunaan LPG adalah solusi yang dilakukan pemerintah agar penggunaan minyak bumi dapat diminimalisasi (Rimbawati et al., 2019).

Peranan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) saat ini sangatlah penting bagi kehidupan manusia baik di rumah tangga maupun di industri, dan gas LPG disamping harganya murah, cara penggunaannya lebih mudah. Namun, gas LPG dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia bahkan menimbulkan kerugian yang cukup besar apabila tidak digunakan dengan hati-hati, terutama bila tidak diketahui telah terjadi kebocoran dari tabung atau tempat penyimpanan gas LPG tersebut (Putra et al., 2021). Bahan bakar dengan wujud gas ini mempunyai efek negatif, yaitu apabila menguap di udara bebas akan membentuk lapisan dikarenakan kondensasi. Lapisan yang terbentuk ini bersifat mudah

terbakar, sehingga sangat berbahaya apabila terjadi penumpukan dalam ruangan tertutup dan berpotensi terjadi kebakaran (Puspaningrum et al., 2020).

Pada umumnya gas LPG yang mengalami kebocoran memang tercium baunya sehingga kebocoran normal mudah dideteksi. Akan tetapi, bila gas yang bocor meresap ke saluran air atau bawah karpet maka akan sulit dideteksi dengan indra penciuman manusia. Selain itu AC (*Air Conditioner*) dan pemanas ruangan juga dapat menutupi bau gas LPG. Kebocoran tabung gas LPG beresiko tinggi terhadap kebakaran (Putra et al., 2017). Keadaan ini dapat memakan korban jiwa dan material yang tidak sedikit, berhentinya kegiatan usaha atau kerusakan lingkungan (Kusnandar et al., 2019). Ditambah lagi pengguna tabung gas LPG biasanya keluar rumah dengan waktu yang sebentar atau bahkan dengan waktu yang cukup lama seperti mudik, dengan meninggalkan tabung gas LPG di rumah tanpa tau kondisi tabung gas LPG setiap waktu seperti apa dan tidak ingat meninggalkan tabung gas LPG dalam keadaan regulator dan selang masih baik atau tidak. Dikarenakan sifatnya yang sensitif, maka perlu adanya perhatian khusus terhadap bahan bakar jenis ini (Andriana et al., 2018).

Menurut Widyanto dan Erlansyah (2014) kebakaran yang disebabkan ledakan tabung LPG harus segera dicegah yakni dengan cara memasang atau memberi keamanan (*safety*) di area sekitar salah satunya yaitu pada regulator LPG yang rentan mengalami kebocoran (Widyanto & Erlansyah, 2014). Salah satu upaya untuk mencegah kebakaran adalah dengan memberikan alat yang berfungsi untuk mendeteksi kebocoran gas pada tabung LPG sebelum terjadinya kebakaran. Dengan dipasangnya sistem pendeteksi pengguna akan tau bahwa tabung gas mengalami kebocoran. Sistem pendeteksi adalah sebuah sistem keamanan terintegrasi secara

otomatis, dan dapat memberikan informasi keadaan dari suatu peristiwa atau kondisi yang dapat diaplikasikan pada perumahan, perkantoran, atau instansi yang membutuhkan (Berliani & Saragih, 2021).

Salah satu bidang teknologi yang sedang berkembang adalah *Internet of Things* (IoT), ia merupakan jaringan perangkat menggunakan internet memiliki konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat yang tersambung dalam koneksi internet secara terus-menerus. Karena internet memiliki kemampuan dijangkau atau dikendalikan pada jarak jauh, maka nantinya internet akan menjadi penghubung utama dalam interaksi sedangkan manusia hanya sebagai pengawas perangkat. Sebagai contoh benda elektronik, benda tersebut dapat diberikan sensor yang dibuat selalu aktif dan terhubung luas dengan suatu jaringan internet (Maidoni & Elfizon, 2020).

Berkaitan dengan sistem pendeteksi kebocoran gas LPG, (Hakim & Yonatan, 2017) melakukan penelitian tentang deteksi kebocoran gas LPG menggunakan detektor *Arduino* dengan algoritma fuzzy logic mamdani, dimana pada penelitian ini menghasilkan alat pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor MQ-2 yang juga dilengkapi dengan sensor api yang terhubung langsung dengan SMS *Gateway* sehingga apabila terjadi kebocoran gas LPG maka sistem akan langsung mengirimkan peringatan ke pemilik rumah melalui SMS (*Short Message Service*). Sedangkan (Dwitama et al., 2021) melakukan penelitian tentang rancang bangun prototipe pemantau kebocoran gas menggunakan sensor MQ-6 berbasis *NodeMCU* 8266. Penelitian ini menghasilkan alat pemantau kebocoran gas LPG yang terhubung langsung dengan Telegram sebagai media informasi untuk pengguna. Penelitian lainnya dilakukan oleh (Dewi et al., 2021) tentang alat deteksi kebocoran

gas rumah tangga berbasis *Internet of Things*. Penelitian ini menggunakan *NodeMCU V3* sebagai modul mikrokontroler yang dapat terhubung langsung dengan internet dan juga sensor MQ-2 sebagai sensor pendeteksi gas LPG. Penelitian ini menghasilkan alat yang terhubung langsung dengan aplikasi Blynk di *smartphone* sebagai media informasi untuk pengguna apabila terjadi kebocoran gas LPG sehingga dapat langsung dilakukan penanganan terhadap kebocoran gas LPG tersebut.

Berdasarkan penjelasan di atas, mendorong penulis untuk membuat sistem *monitoring* keamanan tabung gas LPG menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation* berbasis *Internet of Things* untuk mengantisipasi terjadinya bencana kebakaran akibat kebocoran gas LPG. Dalam penelitian ini akan dibuat sebuah sistem yang dapat mengklasifikasikan hasil *monitoring* tabung gas LPG berdasarkan beberapa parameter di lingkungan sekitar yang diperoleh sebagai masukan dari sensor. Beberapa parameter tersebut antara lain ada tidaknya kebocoran gas, ada tidaknya api di sekitar tabung gas, ada tidaknya asap di sekitar tabung gas, dan berapa suhu ruang di sekitar tabung gas. Sensor yang digunakan pada penelitian ini antara lain sensor MQ-2, dan MQ-6, sensor *infrared* (sensor api) dan sensor suhu DHT-22 sebagai parameter tambahan untuk keamanan tabung gas LPG. Selain itu akan digunakan *buzzer* sebagai alarm jika terjadi kebocoran gas LPG dan kipas untuk mengurangi konsentrasi gas LPG yang bocor sehingga dapat meminimalisir terjadinya kebakaran. Sebelum digunakan, semua sensor akan dikalibrasi dan diuji tingkat sensitivitasnya masing-masing. Rangkaian sensor-sensor tersebut akan dilatih untuk dapat menentukan hasil *monitoring* tabung gas LPG dalam kondisi aman atau bahaya berdasarkan beberapa parameter yang telah

disebutkan sebelumnya. Metode jaringan saraf tiruan yang digunakan adalah *Backpropagation* yang dibuat menggunakan *software Python 3.9*. Setelah itu data akan ditampilkan ke LCD dan juga dapat dilihat secara *real-time* dan tersimpan dalam media *Blynk* serta dapat diakses menggunakan *website* ataupun aplikasi *android*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat sistem *monitoring* keamanan tabung gas LPG menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation* berbasis *internet of things*?
2. Bagaimana membuat jaringan saraf tiruan untuk menentukan hasil *monitoring* tabung gas LPG berdasarkan kadar kebocoran gas, kadar asap, api, dan suhu ruangan?
3. Bagaimana penerapan teknologi *internet of things* dalam sistem *monitoring* keamanan tabung gas LPG?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Membuat sistem *monitoring* keamanan tabung gas LPG menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation* berbasis *internet of things*.
2. Membuat jaringan saraf tiruan untuk menentukan hasil *monitoring* gas LPG berdasarkan kadar kebocoran gas, kadar asap, api, dan suhu ruangan.
3. Menerapkan teknologi *internet of things* dalam sistem *monitoring* keamanan tabung gas LPG.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut.

1. Terealisasinya sistem *monitoring* keamanan tabung gas LPG menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation* berbasis *internet of things*.
2. Memudahkan proses *monitoring* keamanan tabung gas LPG di lingkungan rumah tangga maupun industri.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian adalah sebagai berikut.

1. Sensor yang digunakan adalah MQ-2, MQ-6, sensor *Infrared*, dan sensor suhu DHT-22.
2. Metode jaringan saraf tiruan yang digunakan adalah metode *backpropagation*.
3. Modul mikrokontroler yang digunakan adalah *NodeMCU ESP32S*.
4. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Bahasa pemrograman *Python 3.9*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian untuk mendeteksi kebocoran gas LPG telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti, masing-masing mempunyai karakteristik dan tujuan yang berbeda. Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk mendukung penelitian ini.

Aryan dan Bella (2021) membuat rancangan alat deteksi kebocoran gas berbasis *android* menggunakan sensor MQ-2. Penelitian ini menggunakan sensor MQ-2 sebagai sensor gas dan *NodeMCU* 1.0 sebagai mikrokontroler dan modul *IoT*. Selain itu pada penelitian ini juga menggunakan *buzzer* sebagai alarm dan juga kipas untuk mengurangi kadar gas yang bocor. Sistem yang dirancang pada penelitian ini bekerja dengan mendeteksi gas yang keluar secara otomatis. Dalam hal ini *monitoring* pada alat dapat dilakukan kapanpun dan dimanapun jika terdapat koneksi internet. Cara pengoperasian alat pendeteksi kebocoran gas dilakukan dengan menggunakan aplikasi yang diprogram di dalam *android* dan mikrokontroler yang sudah ditanami program. Alat ini mengklasifikasikan kondisi kebocoran gas LPG ke dalam tiga kategori berdasarkan konsentrasi gas yang bocor yang terdeteksi. Kondisi pertama adalah siaga 1 yang terjadi jika konsentrasi gas bocor yang terdeteksi sebesar 22-26 ppm. Pada kondisi ini *buzzer* akan berbunyi

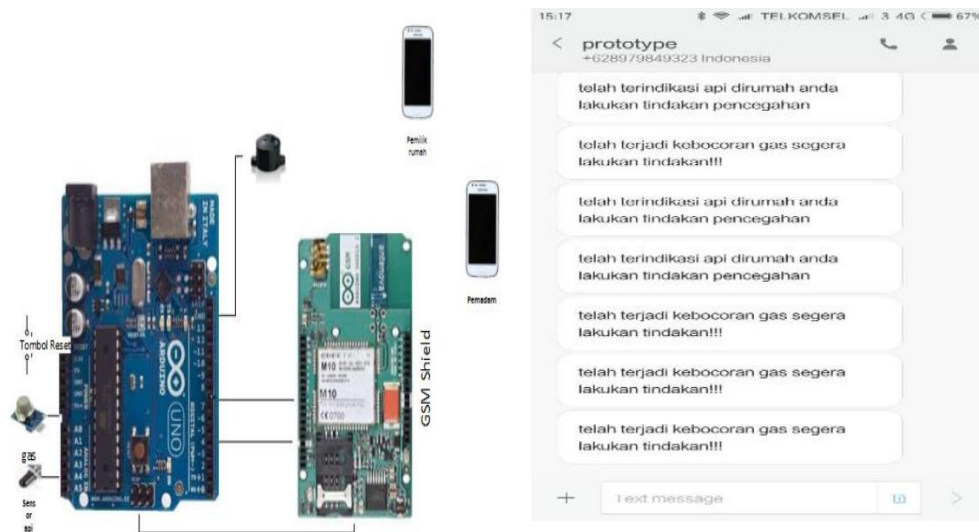
menandakan gas bocor. Kondisi kedua adalah siaga 2 yang terjadi jika konsentrasi gas bocor yang terdeteksi sebesar 25-33 ppm dan alat akan otomatis menghidupkan kipas untuk mengurangi konsentrasi gas yang bocor. Kondisi ketiga adalah siaga 3 yang terjadi jika konsentrasi gas bocor yang terdeteksi sebesar 30-40 ppm. **Gambar 2.1** menunjukkan tampilan program di Android dan rancangan alat secara keseluruhan.



Gambar 2.1 (a) Tampilan Program di Android, (b) rancangan alat secara keseluruhan (Aryan & Bella, 2021)

Hakim dan Yonatan (2017) melakukan deteksi kebocoran gas LPG menggunakan detektor Arduino dengan algoritma *fuzzy logic* Mamdani. Penelitian ini menggunakan sensor MQ-2, modul Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler dan modul Arduino GSM *shield* sebagai komponen tambahan yang memungkinkan Arduino terhubung ke jaringan GSM, mengirim dan menerima layanan suara, teks, dan GPRS. Sistem yang dihasilkan mengklasifikasikan kebocoran berdasarkan konsentrasi gas (ppm) yang terbaca oleh sensor. Jika konsentrasi gas bocor yang terdeteksi berkisar antara 300-800 ppm maka kondisi tersebut digolongkan sebagai

Bocor sedang. Jika gas konsentrasi gas yang terdeteksi lebih besar dari 800 ppm maka kondisi tersebut digolongkan sebagai Bocor besar sehingga perlu dilakukan tindakan. Sistem yang dibuat pada penelitian ini juga dapat memberikan informasi jika terjadi kebocoran gas kepada pengguna melalui SMS. **Gambar 2.2** menunjukkan diagram skematik dari sistem pendeteksi kebocoran gas yang dibuat dan tampilan SMS untuk pemilik rumah.



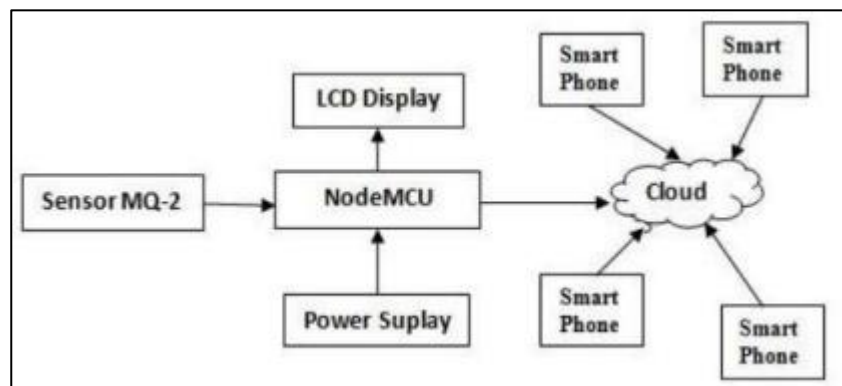
Gambar 2. 2 (a) diagram skematik dan (b) tampilan SMS untuk pemilik rumah (Hakim & Yonatan, 2017)

Penelitian lain dilakukan oleh Dwitama et al., (2021) yang menggunakan sensor MQ-6 dan *NodeMCU* 8266 sebagai mikrokontroler dan modul *IoT*. Pada penelitian ini tidak menggunakan *buzzer* sebagai alarm ataupun kipas untuk mengurangi kadar gas yang bocor, melainkan menggunakan *solenoid valve* yang akan membuka dan menutup katup saluran gas. Jika ada gas bocor yang terdeteksi, maka sistem akan memerintahkan *solenoid valve* untuk menutup katup saluran gas dan langsung memberikan pemberitahuan kepada pengguna melalui Telegram. Sistem akan bekerja jika terjadi kebocoran gas dengan konsentrasi di atas 200 ppm. Alat pada penelitian ini harus terhubung pada jaringan *WI-FI* atau *provider* lainnya yang

memiliki kekuatan sinyal minimal 80-92 dbm, agar mampu dengan cepat mengontrol *solenoid valve* melalui *smartphone*.

Dewi et al., (2021) melakukan penelitian deteksi kebocoran gas rumah tangga berbasis *internet of things* menggunakan *NodeMCU 8266* dan sensor MQ-2.

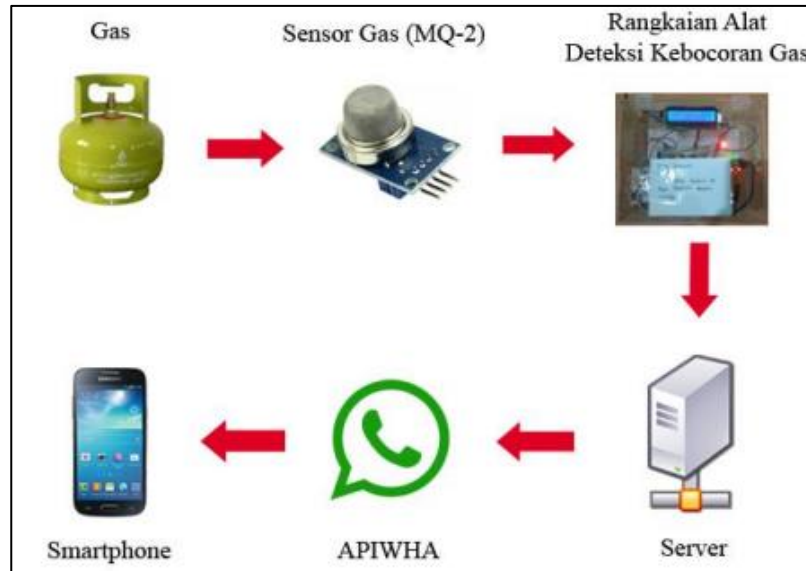
Gambar 2.3 menunjukkan diagram sistem yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2. 3 Diagram Sistem (Dewi et al., 2021)

Rangkaian Pendeteksi kebocoran Gas LPG ini mampu bekerja dengan baik, sensor MQ2 dapat membaca adanya kebocoran gas rumah tangga dengan baik, yang digunakan sebagai *input* data yang masuk ke dalam *NodeMCU* dan hasilnya dapat ditampilkan di *smartphone* dengan aplikasi *Blynk*. Alat pada peneltian ini belum menggunakan *buzzer* sebagai alarm maupun kipas untuk mengurangi kadar gas yang bocor sehingga alat pada peneltitan hanya berfungsi sebagai pendeteksi dan tidak dapat melakukan tindakan penanganan terhadap gas yang bocor.

Penelitian lain dilakukan oleh Hermawan et al., (2019) dengan menggunakan aplikasi *Whatsapp* sebagai media komunikasi antara sistem pendeteksi kebocoran gas dengan pemilik rumah. Sistem yang dibuat pada penelitian ini menggunakan sensor MQ-2 dan modul Arduino Uno yang dilengkapi dengan *ethernet shield*. Cara kerja sistem pada penelitian ini ditunjukkan oleh **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 4 Cara Kerja Sistem (Hermawan et al., 2019)

Gambar 2. 4 menunjukkan bahwa saat sensor gas MQ-2 mendeteksi gas yang bocor maka bunyi *buzzer* hidup dengan suara nyaring, indikator LED warna merah menyala, pada LCD 16x2 menampilkan teks. Kemudian sistem akan melanjutkan informasi ke *server* kebocoran gas, lalu informasi dari *server* akan diteruskan ke *panel apiwha* dan tahapan akhir *apiwha* secara otomatis akan mengirim pesan ke nomor *whatsapp* pribadi pengguna melalui *whatsapp messenger*.

2.2 *Liquified Petroleum Gas (LPG)*

Liquified Petroleum Gas (LPG) adalah gas hidrokarbon yang dicairkan dengan tekanan untuk memudahkan penyimpanan, pengangkutan, dan penanganannya. LPG berupa gas dan dapat dicairkan pada tekanan gas di atas 5 kg/cm^2 , volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dengan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu LPG dipasarkan dalam bentuk cair (Raharjo, 2021).

Berdasarkan Keputusan Dirjen Migas No. 25 K/36/DDJM/1990 tanggal 14 Mei 1990, gas LPG yang dipasarkan di Indonesia adalah gas campuran yang terdiri dari

gas propana dan butana yang perbandingan campurannya adalah 30 % propana dan 70 % butana. Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional nilai ambang batas aman kadar LPG di udara adalah 1000 ppm. Keputusan ini juga menyebutkan bahwa spesifikasi bahan bakar gas LPG untuk keperluan dalam negeri adalah spesifikasi LPG propana dan spesifikasi LPG butana menggunakan standar *American 16 Standard Testing Methode* (ASTM). Gas LPG mempunyai sifat dan kelakuan yang sangat berbahaya karena mudah terbakar dan mudah meledak, tidak beracun tapi jika dihirup lebih dari 1.000 ppm atau 0,1 % (100 % = 1.000.000 ppm) akan menyebabkan mengantuk sampai meninggal. Sifat lain dari gas ini adalah lebih berat dibandingkan dengan udara, karena butana dalam bentuk cair memiliki berat jenis dua kali lebih besar dari berat jenis udara. Standar keamanan kompor gas LPG telah ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) dengan rumusan kriteria kompor harus sesuai dengan SNI 7368:2007. Standar ini mengatur syarat mutu dan cara uji untuk kompor gas satu tungku berbahan bakar LPG (Amirah et al., 2021).

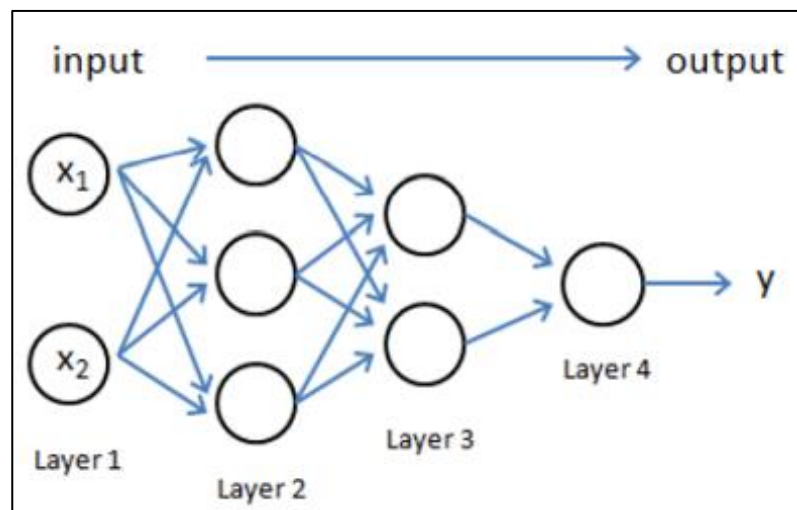
2.3 Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan sebuah sistem pengolahan informasi yang terinspirasi dari model jaringan saraf biologis (Sivanandam et al., 2008). JST merupakan sistem adaptif yang dapat mengubah struktur atau informasi yang masuk ke dalamnya selama proses pembelajaran (Sheela & Deepak, 2013). Secara definisi Jaringan Saraf Tiruan merupakan simulasi komputer dari sebuah "sistem yang mirip seperti otak manusia" yang terdiri dari unit-unit pengolahan sinyal yang saling terhubung (Panchal & Panchal, 2014).

Istilah buatan disebabkan jaringan saraf tiruan (JST) diimplementasikan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses

perhitungan selama proses pembelajaran. JST bekerja meniru kerja otak manusia dari sudut: 1) Pengetahuan yang diperoleh *network* dari lingkungan, melalui suatu proses pembelajaran. 2) Kekuatan koneksi antar unit yang disebut *synaptic weight*, berfungsi untuk menyimpan pengetahuan yang telah diperoleh dari jaringan tersebut. Karakteristik lain yang penting dari JST, yang sama dengan sistem saraf biologis adalah toleransi kesalahan (Amrizal & Aini, 2013).

Arsitektur jaringan saraf tiruan (JST) dapat dilihat pada **Gambar 2.5**



Gambar 2.5 Arsitektur jaringan saraf tiruan (Mueller & Massaron, 2020)

Gambar 2.5 menunjukkan arsitektur dari JST dengan empat lapisan. Dengan memperhatikan diagram ini, kita bisa melihat bahwa *node-node* pada masing-masing lapisan terhubung dengan *node-node* di lapisan berikutnya. Garis-garis yang menghubungkan *node-node* pada masing-masing lapisan memiliki bobot tertentu (Shovic & Simpson, 2019). Bobot merupakan metode utama untuk penyimpanan jangka panjang pada JST, dan proses pembelajaran JST biasanya dilakukan dengan mengubah-ubah nilai bobot (Russell et al., 1995).

Salah satu permasalahan utama yang dihadapi peneliti yang bergelut di bidang jaringan saraf tiruan adalah menentukan jumlah *node* pada lapisan tersembunyi. Hal ini sangat penting karena *node* pada lapisan tersembunyi dapat mempengaruhi galat pada *node-node* di lapisan keluaran (Jinchuan & Xinzhie, 2008). Penentuan jumlah *node* pada lapisan tersembunyi dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *Hidden Layer Multi Perceptron* (HMLP) (Sundaram & Karthigai, 2019). Teknik ini terdiri atas 3 pendekatan yang mengacu pada jumlah *node* pada lapisan masukan dan jumlah *node* pada lapisan keluaran sebagai berikut.

1. Pendekatan 1

Jumlah *node* pada lapisan tersembunyi sama dengan jumlah *node* pada lapisan masukan. Pendekatan 1 dapat dihitung dengan **Persamaan 2. 1.**

$$N_h = n \quad (2.1)$$

2. Pendekatan 2

Jumlah *node* pada lapisan tersembunyi sama dengan jumlah *node* pada lapisan keluaran. Pendekatan 2 dapat dihitung dengan **Persamaan 2. 2.**

$$N_h = N_o \quad (2.2)$$

3. Pendekatan 3

Jumlah *node* pada lapisan tersembunyi sama dengan jumlah *node* pada lapisan masukan ditambah jumlah *node* pada lapisan keluaran. Pendekatan 3 dapat dihitung dengan **Persamaan 2. 3.**

$$N_h = n + N_o \quad (2.3)$$

Keterangan:

N_h = jumlah *node* pada lapisan tersembunyi;

n = jumlah *node* pada lapisan masukan;

N_o = jumlah *node* pada lapisan keluaran.

Model jaringan saraf tiruan yang telah dibuat perlu diukur tingkat efektivitasnya. Salah satu metode untuk mengukur efektivitas model JST yang telah dibuat adalah dengan mencari nilai *loss function*. *Loss function* digunakan untuk menghitung nilai galat dari model JST yang telah dibuat. Semakin besar akurasi model JST yang dibuat akan membuat nilai *loss function* semakin kecil (Rosebrock, 2017). Ada beberapa jenis *loss function*, salah satunya adalah *sum squared function* yang dapat dihitung dengan **Persamaan 2. 4**:

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (d_i - y_i)^2 \quad (2.4)$$

Keterangan:

E = *Error/galat*;

d_i = nilai keluaran dari *dataset/target*;

y_i = nilai keluaran dari model JST.

(Kim, 2017).

Untuk mengukur kinerja dari model JST yang dibuat juga dapat dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix*. *Confusion matrix* dapat digunakan untuk melakukan pengujian untuk memprediksikan suatu objek yang benar dan salah (Menarianti, 2015). *Confusion matrix* dapat dilihat pada **Tabel 2. 1**.

Tabel 2. 1 *Confusion matrix*

		Actual	
		1	0
Predicted	1	True Positives (TP)	False Positives (FP)
	0	False Negatives (FN)	True Negatives (TN)

Dengan menggunakan *confusion matrix* maka parameter-parameter yang merepresentasikan kinerja JST dapat dihitung. Parameter-parameter tersebut adalah:

1. Akurasi

Akurasi didefinisikan sebagai jumlah prediksi yang benar dibandingkan dengan keseluruhan prediksi yang dibuat oleh model. Akurasi dari keseluruhan data dapat dihitung dengan **Persamaan 2. 5**.

$$AC = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100\% \quad (2.5)$$

2. Presisi

Presisi didefinisikan sebagai berapa banyak data kelas positif yang diklasifikasikan dengan benar. Presisi dapat dihitung dengan **Persamaan 2. 6**.

$$PR = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (2.6)$$

Keterangan:

TP = jumlah keadaan saat keluaran JST dan target bernilai 1;

TN = jumlah keadaan saat keluaran JST dan target bernilai 0;

FP = jumlah keadaan saat keluaran JST bernilai 1 dan keluaran target bernilai 0;

FN = jumlah keadaan saat keluaran JST bernilai 0 dan keluaran target bernilai 1;

AC = Akurasi;

PR = Presisi.

(Tutorialspoint, 2016).

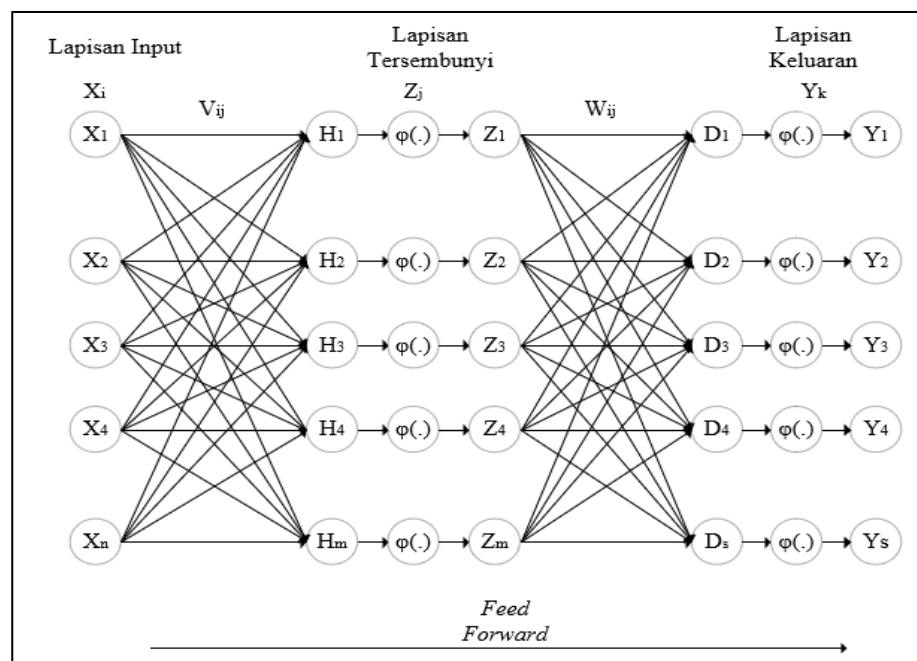
2.4 Metode *Backpropagation*

Algoritma *backpropagation* dikemukakan pada tahun 1986 oleh Rumelhart, Hinton, dan Williams untuk mengatur nilai bobot untuk pelatihan pada *multi-layer perceptrons*. Hal ini membuka jalan untuk penggunaan JST dengan banyak lapisan. Tentu saja dengan adanya sebuah metode akurat untuk mengatur bobot pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*) pada JST memberikan dorongan yang kuat untuk

pengembangan lebih lanjut terhadap JST, dan juga membuka jalan untuk mengatasi kekurangan dari JST dengan lapisan tunggal (Graupe, 2006).

Error yang dihasilkan oleh lapisan keluaran JST merupakan selisih antara nilai keluaran yang diharapkan (*correct output*) dengan nilai keluaran yang dihasilkan oleh JST. Akan tetapi, data latih untuk JST tidak menyediakan *correct output* untuk *node-node* pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*), sehingga nilai *error* pada lapisan tersembunyi tidak dapat ditentukan dengan cara yang sama dengan lapisan keluaran. Poin penting dari metode *backpropagation* yaitu metode ini menyedikan langkah-langkah sistematis untuk menghitung *error* pada lapisan tersembunyi. Metode ini terdiri dari dua tahap, yaitu *feed forward* dan tahap *backpropagation error*.

Tahap pertama pembuatan jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation* adalah tahap *feed forward*. Proses ini secara lebih jelas ditunjukkan oleh **Gambar 2. 6**.



Gambar 2. 6 Tahap *feed forward* (Graupe, 2006)

Langkah pertama pada tahap *feed forward* adalah mengalikan masing-masing *input* dengan bobotnya. Secara matematis proses ini dapat dituliskan dengan **Persamaan**

2. 7:

$$H_j = \sum_{i=1}^n X_i V_{ij} \quad (2.7)$$

Selanjutnya menerapkan fungsi aktivasi $\varphi(\cdot)$ untuk menentukan nilai *output* dari lapisan tersembunyi (Z) yang dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2. 8:**

$$Z_j = \varphi(H_j) \quad (2.8)$$

Dengan cara yang sama, *output* dari lapisan keluaran ini kemudian dikalikan dengan masing-masing bobot yang menghubungkan lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran. Secara matematis proses ini dapat dituliskan dengan **Persamaan**

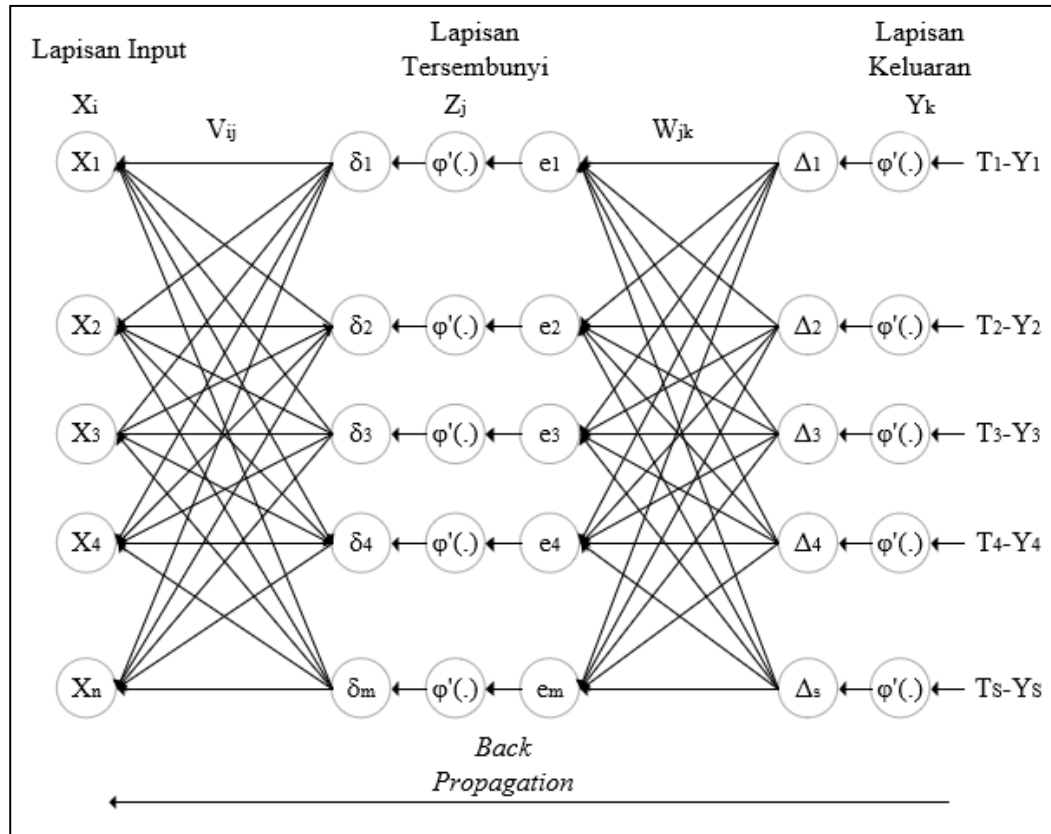
2. 9:

$$D_k = \sum_{j=1}^m Z_j W_{jk} \quad (2.9)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktivasi untuk mencari *output* dari lapisan keluaran yang dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2. 10:**

$$Y_k = \varphi(D_k) \quad (2.10)$$

Proses selanjutnya yaitu tahap *backpropagation*. Proses ini bertujuan untuk menentukan nilai galat pada lapisan tersembunyi. Proses ini secara jelas ditunjukkan oleh **Gambar 2. 7.**



Gambar 2.7 Tahap *backpropagation* (Graupe, 2006)

Pada proses ini nilai galat masing-masing *node* pada lapisan keluaran (Δ_k) dapat dihitung dengan **Persamaan 2.11**:

$$\Delta_k = \varphi'(D_k)(T_k - Y_k) \quad (2.11)$$

Proses ini berlangsung sampai ke lapisan tersembunyi. Berdasarkan **Gambar 2.7** nilai galat pada lapisan tersembunyi (δ_j) dapat dihitung dengan **Persamaan 2.12**:

$$\delta_j = \varphi'(H_j)e_j \quad (2.12)$$

Sementara untuk nilai e_j dapat ditentukan dengan **Persamaan 2.13**:

$$e_j = \sum_k \Delta_k W_{jk} \quad (2.13)$$

Ketika nilai (δ) sudah didapatkan, maka tahap terakhir adalah melakukan perubahan nilai bobot menggunakan **Persamaan 2. 14** dan **Persamaan 2. 15**:

$$\begin{aligned}\Delta W_{jk} &= \alpha \Delta_k Z_j \\ \Delta V_{ij} &= \alpha \delta_j X_i\end{aligned}\quad (2.14)$$

$$\begin{aligned}W_{jk(\text{baru})} &= W_{jk(\text{lama})} + \Delta W_{jk} \\ V_{ij(\text{baru})} &= V_{ij(\text{lama})} + \Delta V_{ij}\end{aligned}\quad (2.15)$$

keterangan:

X = *input node*;

Y = *output ouput layer*;

V = bobot antara *input layer* dan *hidden layer*;

δ = *error*;

H = *input hidden layer*;

T = *output target*;

W = bobot tantara *hidden layer* dan *output layer*;

α = *learn rate*.

Z = *output hidden layer*;

D = *input ouput layer*;

(Desiani & Arhami, 2006).

2.5 Internet Of Things (IoT)

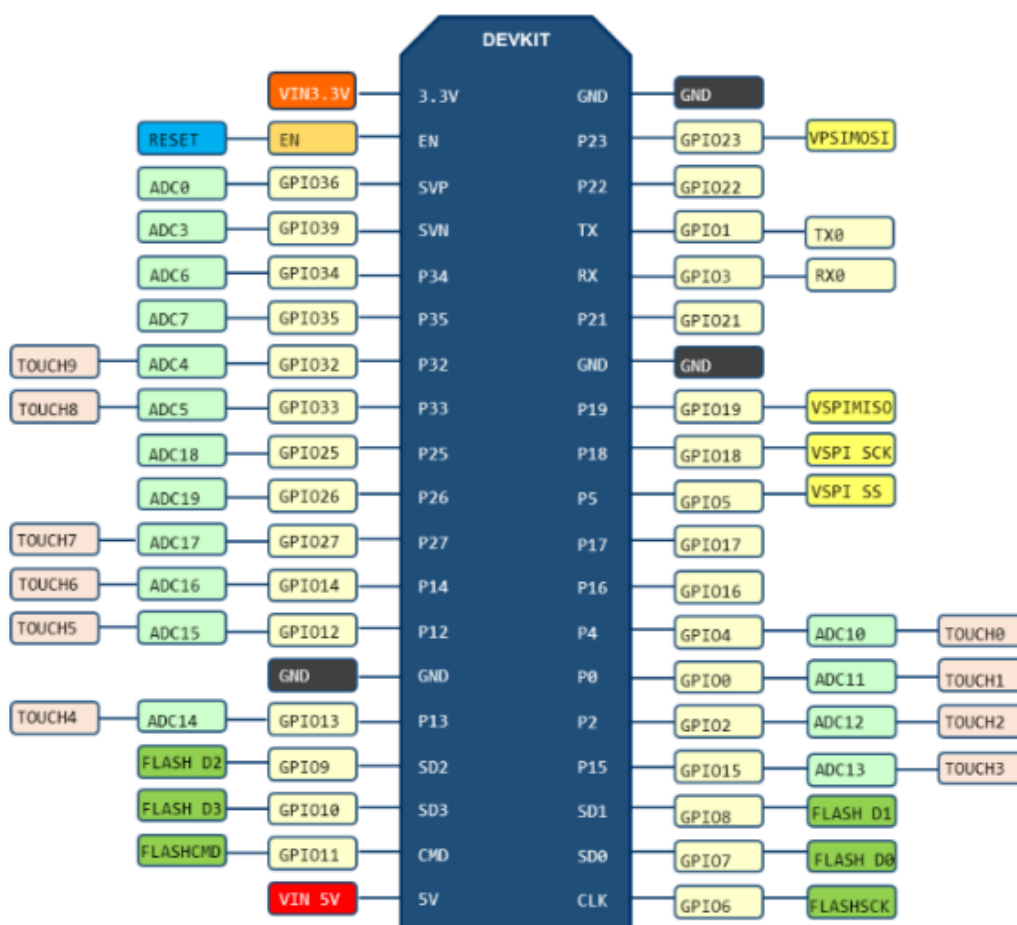
Salah satu perkembangan teknologi internet saat ini adalah perkembangan *Internet Of Things*. *Internet Of Things* adalah infrasturuktur global untuk masyarakat informasi, memungkinkan layanan yang canggih, dengan menghubungkan objek (*things*) baik fisik maupun virtual berdasarkan teknologi pertukaran informasi saat ini dan perkembangannya serta teknologi komunikasi (Budioko, 2016).

Menurut (Arafat, 2016) *Internet Of Things* atau dikenal juga dengan *IoT*, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dan konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Dengan semakin

berkembangnya infrastruktur internet, maka kita menuju babak berikutnya, dimana bukan hanya *smartphone* atau komputer saja yang dapat terkoneksi dengan internet. Namun berbagai macam benda nyata akan terkoneksi dengan internet. Sebagai contohnya dapat berupa mesin produksi, mobil, peralatan elektronik, peralatan yang dapat dikenakan manusia (*wearables*), dan termasuk benda nyata apa saja yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global menggunakan sensor atau aktuator yang tertanam.

2.6 NodeMCU ESP32S

ESP32S merupakan sebuah *board* pengembangan yang berbasis pada ESP-WROOM32s, yang merupakan komponen teknologi tinggi, khususnya untuk menghubungkan sebuah projek entah itu robotik, industrial atau *resinial automation* ke jaringan internet secara mudah dan murah. ESP32S menggunakan Bahasa pemrograman *Lua* untuk membantu dalam membuat *prorotype* produk *IoT* atau bisa dengan memakai *sketch* dengan Arduino IDE. Pengembangan kit ini didasarkan pada modul *ESP-WROOM-32*, yang mengintegrasikan *GPIO*, (*General Purpose Input Output*), *I2C*, *1-Wire* dan *2 ADC (Analog to Digital Converter)* dengan resolusi 12-bit, *Wi-fi 802.11 b/g/n*, *Bluetooth V4.2*, *Ethernet* dan *dual core 32-bit Lx microprosessor* semua dalam satu *board* (Indrawan et al., 2020). Diagram pin pada *NodeMCU ESP32S* ditunjukkan oleh **Gambar 2. 8**.

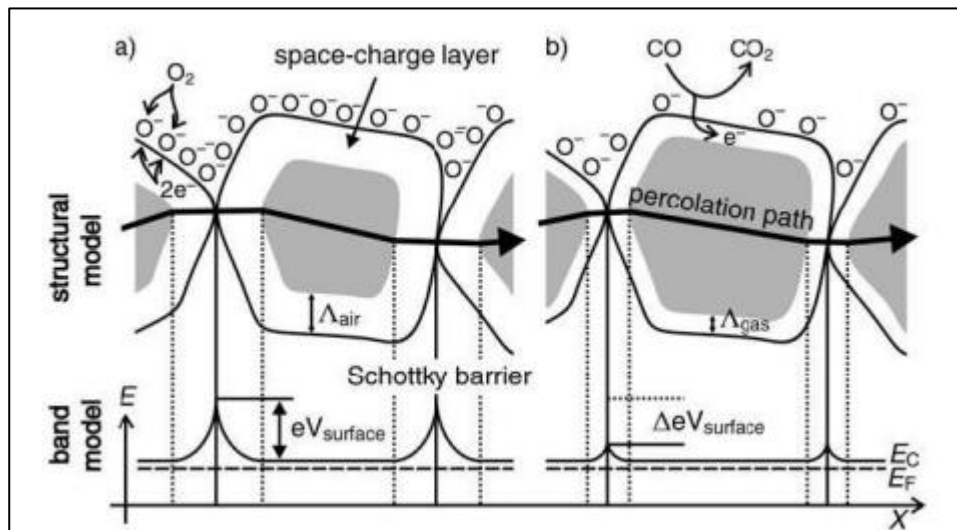


Gambar 2. 8 GPIO *NodeMCU* ESP32S (Indrawan et al., 2020).

2.7 Sensor Semikonduktor Oksida Logam

Sensor semikonduktor oksida logam adalah salah satu kelompok sensor yang paling banyak dipelajari dari sensor gas *chemiresistive*. Sensor ini dirancang untuk bereaksi dengan salah satu gas dimana *semiconducting metal oxide* (SMO) mengalami reduksi dan oksidasi. Proses ini menyebabkan sensor SMO untuk bertukar elektron dengan gas target pada tingkat karakteristik tertentu, sehingga mempengaruhi tahanan sensor dan menghasilkan sinyal tertentu (Widodo, 2019).

Prinsip pengoperasian sensor oksida logam didasarkan pada perubahan konduktansi oksida pada interaksi dengan gas dan perubahannya biasanya sebanding dengan konsentrasi gas. **Gambar 2. 9** menggambarkan prinsip kerja sensor oksida logam.



Gambar 2. 9 Prinsip kerja sensor oksida logam (Franke et al., 2006)

Ada dua jenis sensor oksida logam yaitu oksida tipe-n (timah dioksida, titanium dioksida atau besi (III) oksida) yang bereaksi terhadap gas reduksi dan oksida tipe-p (nikel oksida, kobalt oksida) yang bereaksi terhadap gas pengoksidasi (Arshak et al., 2004). Pada sensor oksida tipe-n, oksigen yang diserap dari udara bertindak seperti penghalang bagi pergerakan elektron-elektron di permukaan sensor, hal ini mengakibatkan naiknya resistansi dari sensor. Selanjutnya, ketika sensor diberi gas pereduksi seperti metana (CH_4), resistansi turun karena gas bereaksi dengan oksigen dan melepaskan elektron. Ini menurunkan penghalang potensial dan memungkinkan elektron mengalir, sehingga meningkatkan konduktivitas. Pada oksida tipe-p, oksigen yang diserap berperilaku seperti akseptor sehingga akan meningkatkan konsentrasi *hole* dan menurunkan resistansi sensor. Dengan demikian, reduksi oksigen oleh gas pereduksi akan meningkatkan resistansi sensor.

Gas-gas pengoksidasi seperti klor (Cl_2) dan nitrogen dioksida (NO_2) juga dapat dideteksi karena gas-gas ini bereaksi langsung dengan oksida. Dengan demikian, jika di atmosfer terdapat sejumlah oksigen (O_2), gas-gas yang akan dideteksi akan menurunkan atau menaikkan resistansi dari sensor, tergantung pada gas tersebut berupa gas pengoksidasi atau gas pereduksi, dan juga bergantung pada tipe sensor yang digunakan (tipe-n atau tipe-p)(Pallas-Areny dan Webster, 1991).

2.7.1 Sensor MQ-2

MQ-2 merupakan komponen elektronik yang digunakan untuk mendeteksi kadar gas hidrokarbon seperti isobutana (C_4H_{10}), propana (C_3H_8), metana (CH_4), ethanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), hidrogen (H_2), dan juga gas LPG (Liquified Petroleum Gas). Sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas dalam lingkungan rumah atau pabrik. Dengan menggunakan sensor gas hidrokarbon MQ-2, kita bisa mendeteksi kadar gas hidrokarbon di udara dengan cara menghubungkan sensor ini ke mikrokontroler seperti Arduino.

Sensor gas MQ-2 digunakan untuk mendeteksi gas di udara. Ketika proses pemanasan berlangsung, koil yang berada di dalam sensor akan terpanaskan sehingga keramik SnO_2 berperilaku sebagai semikonduktor sehingga dapat melepaskan elektron dan ketika ada gas yang terdeteksi oleh sensor, MQ-2 akan memberikan keluaran berupa tegangan analog. Keluaran dari sensor ini dapat dibaca menggunakan pin ADC (*Analog to Digital Converter*) pada mikrokontroler (Wijayanti, 2022). **Gambar 2. 10** menunjukkan tampilan dari sensor MQ-2.



Gambar 2. 10 Sensor MQ-2 (Putra A. P. et al., 2021)

2.7.2 Sensor MQ-6

Sensor MQ-6 merupakan sensor dengan lapisan semikonduktor logam oksida yang terbentuk di atas sebuah substrat alumina pada sebuah *sensing chip* bersama dengan sebuah pemanas yang terintegrasi. Sensor ini bekerja dengan diberikan tegangan 5 V dan perubahan outputnya berdasarkan perubahan resistansinya terhadap gas LPG pada konsentrasi di udara antara 200 – 10000 ppm (Dirgantara et al., 2017).

Gambar 2. 11 menunjukkan tampilan sensor MQ-6.



Gambar 2. 11 Sensor MQ-6 (Dirgantara et al., 2017)

2.8 Sensor DHT-22

Sensor DHT-22 adalah salah satu sensor yang dapat mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yakni suhu dan kelembaban udara (*humidity*). Dalam sensor ini terdapat sebuah *thermistor* tipe *Negative Temperature Coefficient (NTC)* untuk mengukur suhu, sebuah sensor kelembaban tipe resistif dan sebuah mikrokontroler 8 bit yang mengelola kedua sensor tersebut dan mengirim hasilnya ke pin output.

(Saptadi, 2014). *Thermistor* merupakan sejenis resistor yang nilai resistansinya bergantung pada suhu sekitar. Tidak seperti *resistance temperatur detectors (RTD)* yang berbahan dasar konduktor, *thermistor* berbahan dasar semikonduktor (Sinclair, 2001). Prinsip kerja *thermistor* didasarkan pada resistansi bahan semikonduktor yang besarnya bergantung pada suhu sekitar, yang diakibatkan oleh variasi jumlah dan pergerakan pembawa muatan. Ketika temperatur meningkat, jumlah pembawa muatan juga meningkat dan resistansi menurun, sehingga koefisien temperatur bernilai negative. Resistansi bahan semikonduktor yang digunakan pada *thermistor* juga bergantung pada jumlah pengotor/*(doping)* yang digunakan, dan ketika atom pengotor yang digunakan sangat banyak, bahan semikonduktor yang ada di dalam *thermistor* akan memiliki sifat seperti logam dan memiliki koefisien temperatur yang bernilai positif (Neamen, 2012). Hubungan antara nilai resistansi sensor dan temperatur dapat dituliskan dalam **Persamaan 2. 16**:

$$R_T = R_0 \exp\left(\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right) \quad (2.16)$$

Jika **Persamaan 2. 16** differensialkan terhadap temperatur T , maka akan diperoleh koefisien temperatur α yang dirumuskan dengan **Persamaan 2. 17**:

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = -\frac{\beta}{T^2} \quad (2.17)$$

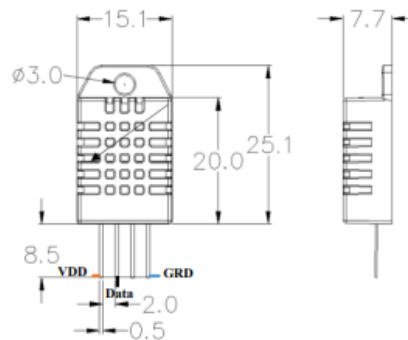
Persamaan 2. 17 menunjukkan bahwa nilai resistansi dari bahan semikonduktor pada *thermistor* akan menurun seiring dengan meningkatnya temperatur.

keterangan:

- R = Hambatan pada suhu T (Ω);
 R_0 = Hambatan pada suhu ruang / 25°C (Ω);
 β = karakteristik *thermistor* ;
 α = koefisien temperatur ($\Omega/^\circ\text{C}$).

(Antonio, 2009).

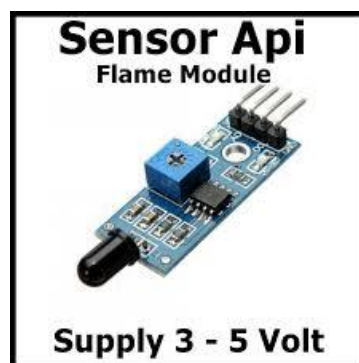
Sensor DHT-22 dikatakan memiliki keterbacaan yang baik berdasarkan respon cepat proses pengumpulan data dan ukurannya yang kecil, serta biaya yang murah dibandingkan dengan *thermo hygrometer* (Abdulrazak et al., 2018). Respon cepat yang baik dari DHT-22 juga dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh (Puspasari et al., 2020) yang menjelaskan bahwa ketika nilai kesalahan rata-rata dalam pengukuran suhu dan kelembaban antara sensor DHT-22 dan *thermo hygrometer* dibandingkan, nilai kelembabannya adalah 2,99% dan nilai suhunya adalah -2,31%. Tampilan sensor DHT-22 dapat dilihat pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Sensor suhu DHT-22 (Abdulrazak et al., 2018)

2.9 Sensor Api (*Infrared Flame Detector*)

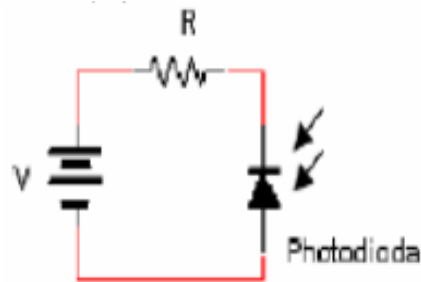
Sensor *Infrared* pada modul *Flame Sensor* dapat membaca panjang gelombang dengan *range* panjang gelombangnya berkisar antara 760 nm-1100 nm yang biasanya berasal dari sumber api. Infra merah merupakan warna dari cahaya tampak dengan panjang gelombang sekitar 700 nm sampai 1 mm. Sensor ini dapat mendeteksi gelombang infra merah yang dipancarkan oleh api, sehingga sensor tersebut dapat digunakan sebagai pendeteksi kebakaran. Lampu indikator LED mati atau logika *Low* (0) jika tidak mendeteksi api. sedangkan jika sensor mendeteksi api, lampu indikator LED menyala atau logika *High* (1) (Marselinus et al., 2010). Tampilan dari sensor *Infrared* ditunjukkan pada **Gambar 2.13**.



Gambar 2. 13 Sensor *Infrared* (Marselinus et al., 2010)

Prinsip kerja sensor ini yaitu api akan bisa dideteksi oleh keberadaan spektrum cahaya *infrared* maupun *ultraviolet*, dan dari situ semacam mikroporsesor di dalam sensor akan bekerja untuk membedakan spektrum cahaya yang terdapat pada api yang terdeteksi tersebut. Cara kerja *flame detector* dirancang untuk mendeteksi penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu (Saputra et al., 2016). Pada sensor ini terdapat sebuah sensor fotodiode yang digunakan untuk mendeteksi adanya mata api di sekitar sensor tersebut. Sensor fotodiode bekerja berdasarkan efek *photovoltaic*, yaitu efek munculnya potensial listrik ketika terjadi radiasi yang

mengionisasi sebuah daerah yang memiliki penghalang potensial (Pallas-Areny and Webster, 1991). Fotodiode mempunyai resistansi yang rendah pada kondisi forward bias, namun fotodiode ini dapat dimanfaatkan dalam keadaan *reverse bias*, dimana resistansi dari fotodiode akan turun seiring dengan intensitas cahaya yang masuk. Rangkaian dasar fotodiode ditunjukkan pada **Gambar 2. 14**.



Gambar 2. 14 Rangkaian dasar fotodiode (Sumarto, 2017)

Fotodiode dihubungkan seri dengan sebuah hambatan R dan dicatu dengan sumber tegangan DC. Arus balik akan bertambah bila sebuah cahaya jatuh pada pertemuan *PN* fotodiode dan arus balik (*I*) akan menjadi sangat kecil bila pertemuan *PN* tidak terdapat cahaya yang jatuh padanya. Arus yang mengalir pada kondisi gelap disebut *dark current*. Sedangkan resistansinya ditentukan dengan hukum Ohm dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2. 18**:

$$V_{photo} = V_{cc} - I_r R \quad (2.16)$$

keterangan:

- R = Hambatan (Ω);
- V_{cc} = Sumber tegangan DC (V);
- V_{photo} = Tegangan pada fotodiode (V);
- I_r = kuat arus *reverse* (A).

(Sumarto, 2017).

2.10 LCD I2C

Liquid Crystal Display (LCD) adalah salah satu bagian dari modul peraga yang menampilkan karakter yang diinginkan. Layar LCD menggunakan dua buah lembaran bahan yang dapat mempolarisasikan kristal cair diantara kedua lembaran tersebut. Kegunaan LCD banyak sekali dalam perancangan suatu sistem dengan menggunakan mikrokontroller. LCD dapat berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroller (Mulyati & Sumardi, 2018). Dalam modul LCD terdapat mikrokontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter dilengkapi dengan memori dan register. Pada modul LCD juga terdapat pin, yang salah satunya berfungsi untuk jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan (Nusyirwan, 2020).

Salah satu jenis modul LCD ada LCD I2C. LCD I2C adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan menggunakan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Normalnya modul LCD dikendalikan secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. LCD I2C ini mempunyai 4 kaki pin, yaitu pin GND atau *Groud*, pin VCC 5 V, pin control SCL dan pin control SDA. **Gambar 2. 15** menunjukkan tampilan dari LCD I2C.



Gambar 2. 15 LCD I2C (Deswar & Pradana, 2021)

2.11 *Buzzer*

Buzzer merupakan komponen elektronika yang bekerja dengan cara mengubah sinyal listrik menjadi getaran-getaran yang dapat didengar oleh manusia (Khakim et al., 2022). *Buzzer* terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara (Huda, 2022). **Gambar 2.16** menunjukkan tampilan *buzzer*.



Gambar 2.16 *Buzzer* (Khakim et al., 2022)

2.12 *Relay*

Relay merupakan komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis. Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik, maka di sekitar penghantar tersebut timbul medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik tersebut selanjutnya diinduksikan ke logam *ferromagnetis*. Logam *ferromagnetis* adalah logam yang mudah terinduksi medan elektromagnetis. Ketika ada induksi magnet dari lilitan yang membelit logam, logam tersebut akan menjadi magnet buatan yang sifatnya sementara. Cara ini biasa digunakan untuk membuat magnet non permanen. Sifat kemagnetan pada logam *ferromagnetis* akan tetap ada selama pada lilitan kumparan teraliri arus listrik. Sebaliknya, sifat kemagnetannya

akan hilang jika suplay arus listrik ke lilitan diputuskan. Kontak atau kutub-kutub dari relay umumnya memiliki tiga dasar pemakaian yaitu: bila kumparan ini dialiri arus listrik maka kontaknya akan menutup dan disebut sebagai kontak *Normally Open (NO)*, selanjutnya bila kumparan dialiri arus listrik maka kontaknya akan membuka dan disebut dengan kontak *Normally Close (NC)*, dan Tukar-sambung (*Change Over/ CO*), *relay* jenis ini mempunyai kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini dan membuat kontak dengan lain bila *relay* dialiri listrik (Bishop, 2004).

Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbda sistem *power supply*nya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet *relay* terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah. Bagian utama *relay* elektromekanik adalah sebagai berikut. Kumparan elektromagnet saklar atau kontaktor *Swing Armatur Spring* (Pegas). Tampilan *relay* dapat dilihat pada **Gambar 2. 17**.



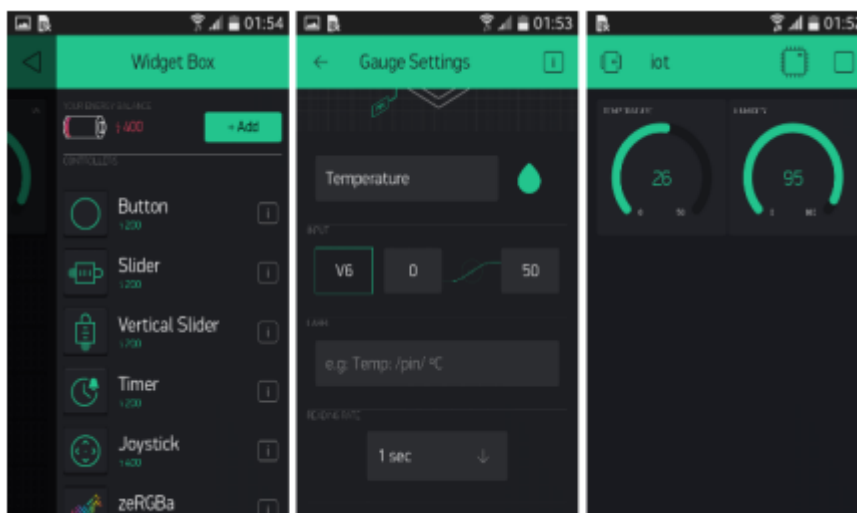
Gambar 2. 17 *Relay* (Turang, 2015)

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Diantara aplikasi *relay* yang dapat ditemui diantaranya adalah: *Relay* sebagai kontrol ON/OFF beban dengan sumber tegang berbeda. *Relay* sebagai selektor atau pemilih hubungan. *Relay* sebagai eksekutor rangkaian *delay* (tunda) *Relay* sebagai protektor atau pemutus arus pada kondisi tertentu (Turang, 2015).

2.13 *Blynk*

Blynk adalah platform yang mempermudah dalam pembuatan interface untuk melakukan controlling dan monitoring melalui Android. *Blynk* merupakan *framework* yang berupa aplikasi android dan desain untuk *Internet of Things* yang dapat digunakan untuk melakukan *control hardware* secara *remote*, dapat menampilkan data sensor, menyimpan data, dan mengvisualisasikannya. Terdapat 3 komponen utama di platform *Blynk* yaitu *Blynk App* yang digunakan untuk membuat *interface* dengan *widget* yang disediakan, *Blynk Server* yang bertanggung jawab tentang semua komunikasi antara *smartphone* dan *hardware*, dan *Blynk Libraries* yang digunakan untuk komunikasi antara *server* dengan proses *input* dan *output* (Handi et al., 2019).

Aplikasi *Blynk* tidak terikat pada komponen atau chip apa pun, tetapi mendukung mikrokontroler dengan memiliki akses *wifi* atau *bluetooth* untuk dapat berkomunikasi dengan perangkat keras yang digunakan seperti ESP32 atau ESP8266 (Taradhyatama et al., 2022). **Gambar 2. 18** menunjukkan contoh tampilan *dashboard* pada *Blynk*.



Gambar 2. 18 Tampilan *dashboard Blynk* (Taradhyatama et al., 2022)

2.14 *Software Python*

Python merupakan bahasa pemrograman yang fleksibel dan cocok digunakan untuk berbagai keperluan seperti data analisis, *machine learning*, *image processing* dan lain sebagainya (Tagliaferri et al., 2019). *Python* dikembangkan oleh Guido van Rossum pada akhir abad ke-18 dan awal abad ke-19 di *National Research Institute for Mathematics and Computer Science* di Belanda (Richert & Coelho, 2013). *Python* merupakan bahasa pemrograman yang sederhana, jelas, dan intuitif. Itulah mengapa banyak saintis dan teknisi memilih *Python* untuk banyak keperluan saintifik dan numerik (Morgan, 2016).

Python dikenal sebagai salah satu bahasa pemrograman termudah untuk dipelajari programmer pemula. Dibandingkan dengan bahasa pemrograman lain seperti C++ dan Java, *Python* memiliki beberapa kelebihan utama sebagai berikut:

- a. *Python* mudah dibaca dan dipahami.
- b. *Python* memiliki banyak sekali *library* gratis.

Python memiliki komunitas *open source* yang sangat besar yang terus-menerus mengupayakan kemajuan *Python* sebagai bahasa pemrograman. Komunitas *Python* juga berkontribusi atas pengembangan sejumlah besar *library*, yang dapat digunakan untuk membuat berbagai aplikasi mulai dari website dinamis hingga data analisis yang kompleks, begitu juga dengan pengembangan aplikasi sederhana berbasis GUI (*Graphical User Interfaces*) untuk membuat grafik dari fungsi-fungsi matematika yang kompleks (Desai, 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2022 sampai dengan Juli 2022. Kegiatan penelitian ini terdiri dari perancangan alat, pengujian sensor, pembuatan jaringan saraf tiruan, perancangan sistem *IoT*, pengambilan data, dan analisis hasil. Perancangan dan pembuatan alat serta pengambilan data dilakukan di Ruang Workshop, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Jadwal pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Bulan			
		April	Mei	Juni	Juli
1	Perancangan alat	■			
2	Pengujian sensor	■	■		
3	Pembuatan jaringan saraf tiruan		■	■	
4	Perancangan sistem <i>IoT</i>			■	
5	Pengambilan data			■	
6	Analisis hasil				■

3.2 Alat dan Bahan

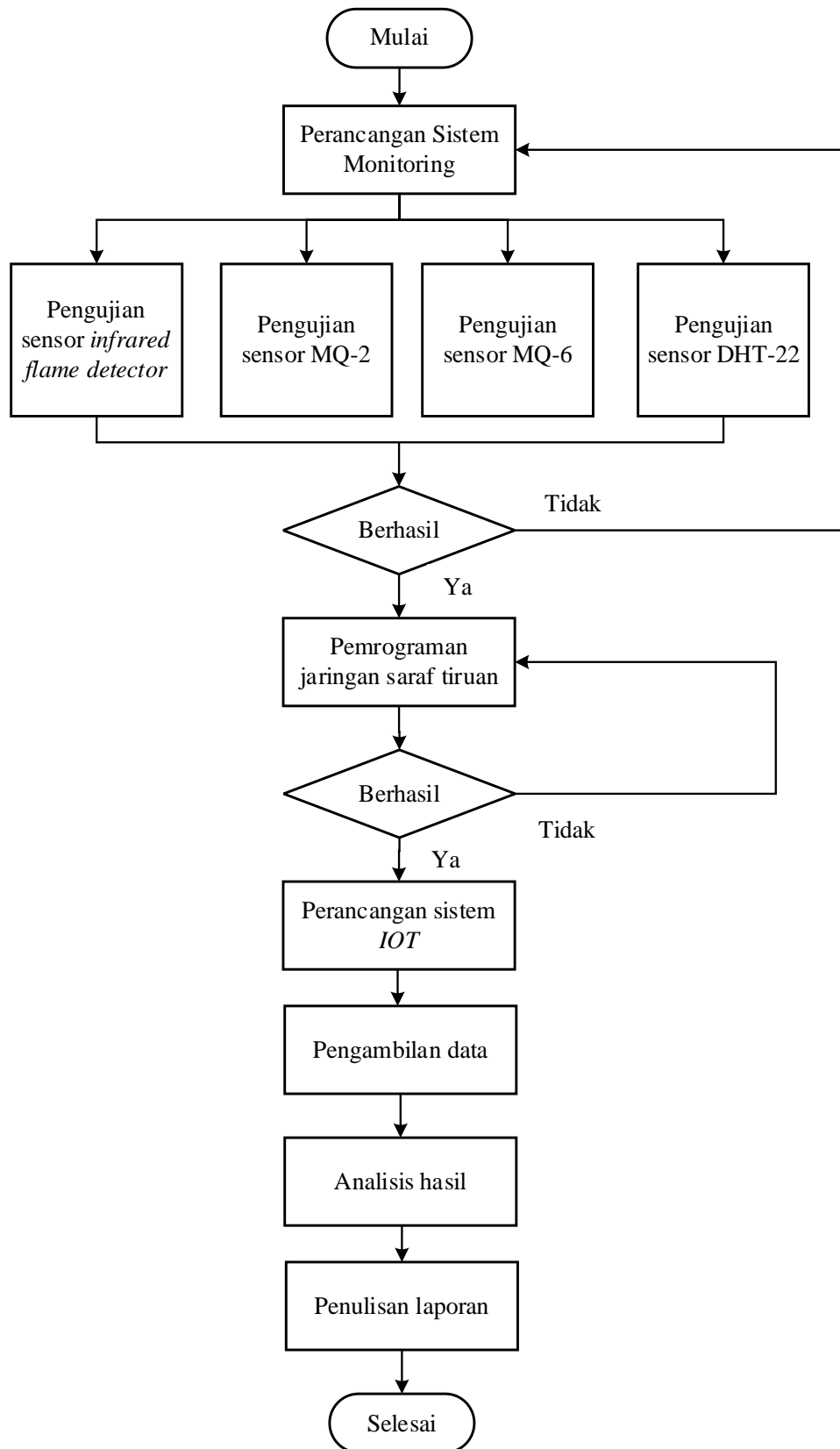
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.2**

Tabel 3. 2 Alat dan bahan yang digunakan

No	Nama Alat dan Bahan	Fungsi
1	Sensor MQ-6	Mendeteksi kebocoran gas LPG
2	Sensor MQ-2	Mendeteksi asap di sekitar
3	Sensor DHT-22	Mengukur suhu ruang sekitar
4	Sensor <i>Infrared</i>	Mendeteksi ada atau tidaknya api di sekitar
5	LCD I2C	Menampilkan hasil pengolahan sinyal masukan dari sensor
6	<i>NodeMCU ESP32S</i>	Mengolah sinyal masukan dari sensor, sebagai mikrokontroler yang mengendalikan LCD, <i>Buzzer</i> , dan, <i>Relay</i>
7	<i>Buzzer</i>	Digunakan sebagai alarm
8	<i>Relay</i>	Sebagai saklar elektronik
9	Kabel <i>Jumper</i>	Menghubungkan setiap komponen pada rangkaian
10	Laptop	Membuat program untuk <i>NodeMCU ESP32</i> dan untuk membuat jaringan saraf tiruan
11	Resistor	Digunakan sebagai pembagi tegangan
12	Kipas	Sebagai aktuator untuk membuang gas LPG yang bocor agar tidak menumpuk
13	Adaptor 12 V	Sumber tegangan untuk keseluruhan alat
14	Korek gas	Sumber gas untuk pengujian sensor MQ-6
15	Lilin	Sumber api untk pengujian sensor <i>infrared</i>

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan antara lain perancangan dan pembuatan alat, pengujian dan sensor, pembuatan jaringan saraf tiruan, pembuatan sistem *IoT*, pengambilan data, dan analisis hasil. Secara keseluruhan, tahapan pembuatan sistem *monitoring* keamanan gas LPG menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation* berbasis *internet of things (IoT)* disajikan dalam diagram alir yang ditunjukkan seperti pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

1. Tahapan perancangan sistem *monitoring* dilakukan untuk membuat rancangan perangkat keras sistem *monitoring* keamanan tabung gas LPG. Perangkat keras pada sistem *monitoring* ini terdiri atas sensor, *buzzer*, *relay*, *NodeMCU ESP32S*, LCD I2C, dan kipas. Sensor yang digunakan antara lain sensor MQ-2, MQ-6, DHT-22, dan sensor api (*Infrared flame detector*).
2. Tahap pengujian sensor gas dilakukan dengan menyuntikkan masing-masing sensor dengan gas yang akan dideteksi pada jarak tertentu, dan melihat hasil tegangan keluaran sensor sensor (dalam ppm). Tahap ini dilakukan untuk mengetahui jangkauan deteksi optimum masing-masing sensor gas. Hal ini penting sebagai acuan untuk penempatan alat *monitoring* agar didapatkan hasil pembacaan sensor yang optimal. Data hasil pengujian sensor akan dicatat pada **Tabel 3.3** di bawah ini.

Tabel 3. 3 Data hasil pengujian sensor gas

Jarak (cm)	Vout (V)	
	MQ-6	MQ-2
2		
3		
4		
5		

3. Tahap pengujian sensor suhu DHT-22 dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur standar untuk suhu. Alat ukur standar yang digunakan adalah HTC-2. Alat ini mampu mengukur kelembapan udara dan suhu di dalam dan di luar ruangan dengan rentang pengukuran suhu 10-50 °C serta rentang pengukuran kelembapan udara 10-99%. Data hasil pengujian sensor suhu DHT-22 akan ditampilkan pada **Tabel 3.4** di bawah ini.

Tabel 3. 4 Data hasil pengujian sensor DHT-22

No	HTC-2 (°C)	DHT-22 (°C)
1		
2		
⋮		
10		

Data pada **Tabel 3. 4** kemudian digunakan untuk mencari nilai akurasi sensor DHT-22 yang dapat dihitung dengan persamaan

$$Akurasi = \left(1 - \left|\frac{y - x_n}{y}\right|\right) \times 100\% \quad (3.1)$$

Dengan:

y = Hasil bacaan HTC-2 (°C)

x_n = Hasil bacaan sensor DHT-22 (°C)

4. Tahap pengujian sensor *infrared* dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran sensor jika dikenai paparan api pada jarak tertentu. Hasil pengujian sensor *infrared* kemudian akan dicatat dan ditampilkan pada **Tabel 3.5** di bawah ini.

Tabel 3. 5 Data hasil pengujian sensor *infrared*

No	Jarak (cm)	Vout(V)
1		
2		
⋮		
10		

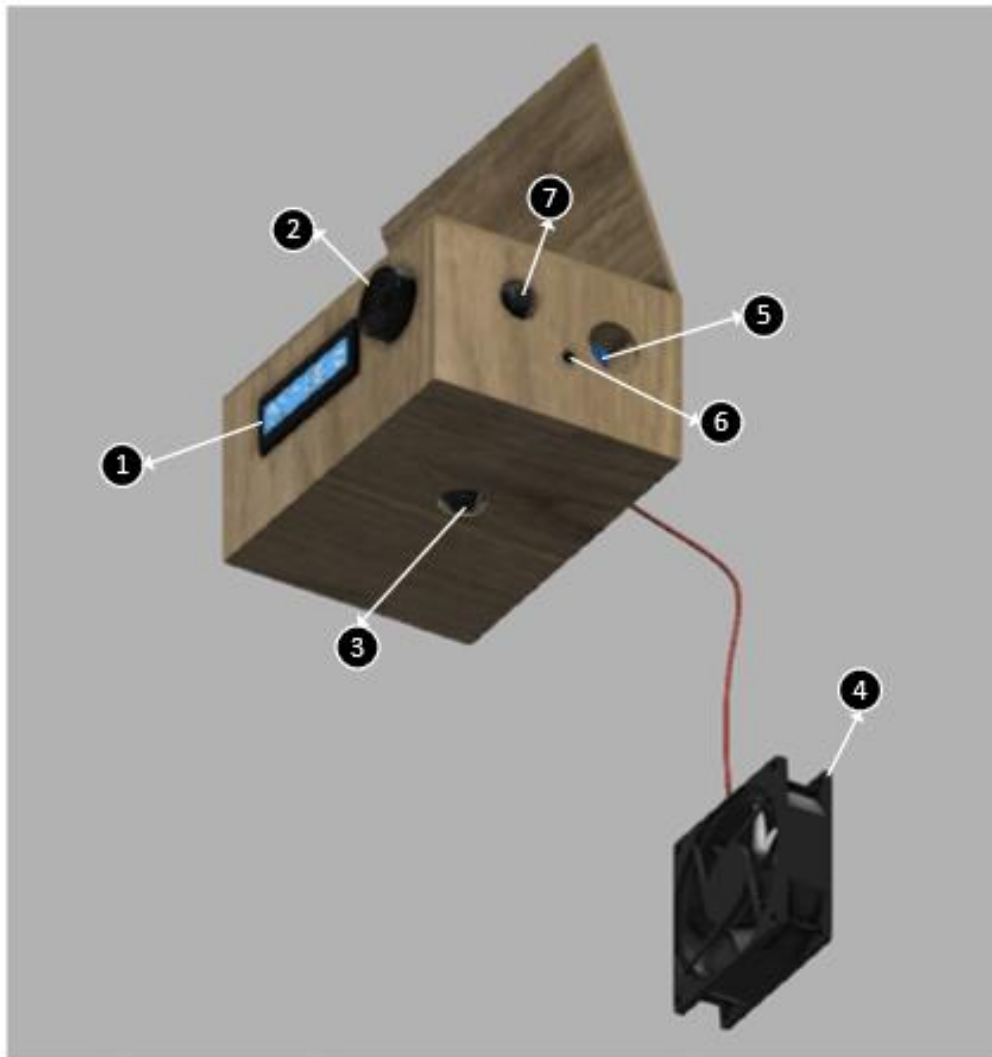
5. Tahap pemrograman jaringan saraf tiruan dilakukan dengan membuat jaringan saraf tiruan dengan menggunakan *software Python 3.9*. Jaringan saraf tiruan ini akan digunakan untuk mengolah data yang berupa hasil pengujian parameter-parameter fisis yang diperoleh dari sensor. Parameter-parameter fisis tersebut yakni kebocoran gas, suhu, api, dan asap. Jaringan saraf tiruan yang telah dibuat kemudian dilatih menggunakan *dataset* yang berisikan hasil *monitoring* tabung gas LPG berdasarkan parameter-parameter yang diperoleh dari pembacaan

sensor. Jaringan saraf yang telah dilatih kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan hasil *monitoring* tabung gas LPG.

6. Tahap perancangan sistem *IoT* dilakukan dengan membuat *interface* hasil *monitoring* ke dalam *website* dan aplikasi sehingga pemantauan bisa dilakukan melalui jaringan internet. Sistem *IoT* yang digunakan dibuat menggunakan *Blynk*.
7. Tahap pengambilan data dilakukan dengan memasukkan parameter-parameter fisis tersebut, kemudian mencatat hasil yang dikeluarkan oleh sistem melalui LCD dan juga melalui *interface IoT* yang telah dibuat. Data yang diperoleh kemudian akan dianalisis dan dibahas.

3.3.1 Perancangan Alat

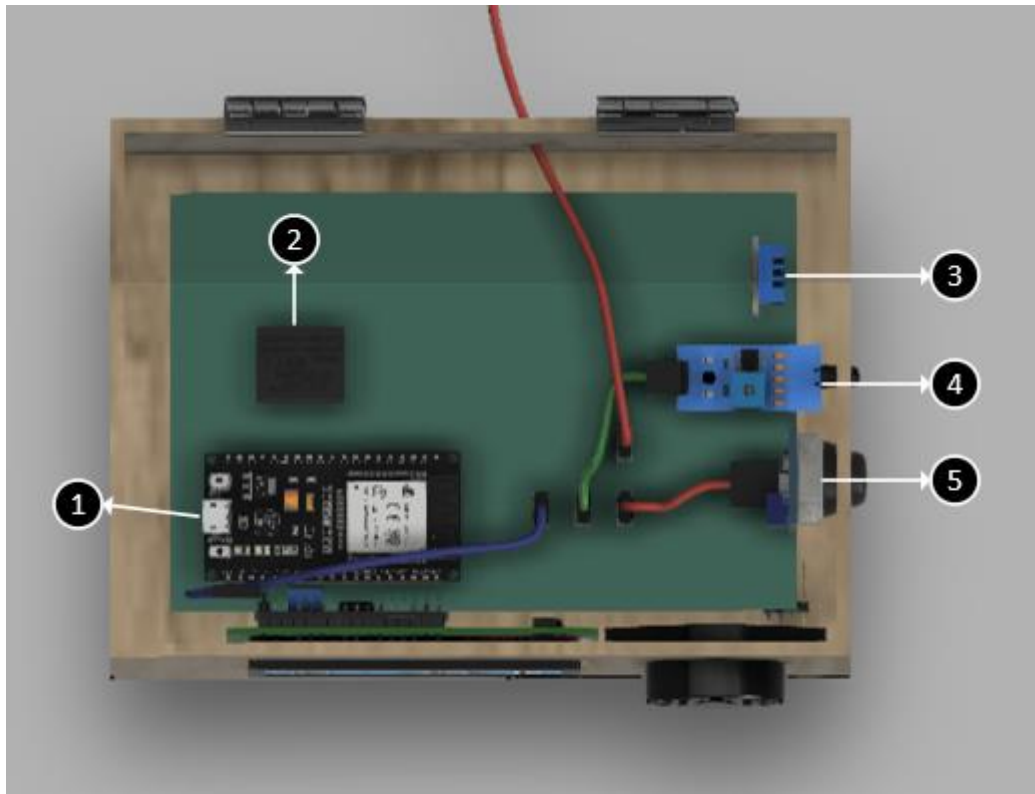
Pada penelitian ini akan dibuat sebuah alat *monitoring* gas LPG untuk yang terdiri dari satu sensor gas LPG dan satu sensor asap tipe semikonduktor oksida logam, sensor suhu, satu sensor api, kipas, *buzzer*, *relay NodeMCU ESP32S* dan LCD. Bagian luar dari desain sistem *monitoring* yang akan dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2**, sedangkan untuk bagian dalam dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3. 2 Desain sistem *monitoring* (bagian luar)

keterangan:

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| 1. LCD I2C; | 5. DHT-22; |
| 2. <i>Buzzer</i> ; | 6. <i>Sensor Infrared</i> ; |
| 3. Sensor MQ-6; | 7. Sensor MQ-2. |
| 4. Kipas; | |



Gambar 3.3 Desain sistem *monitoring* (bagian dalam)

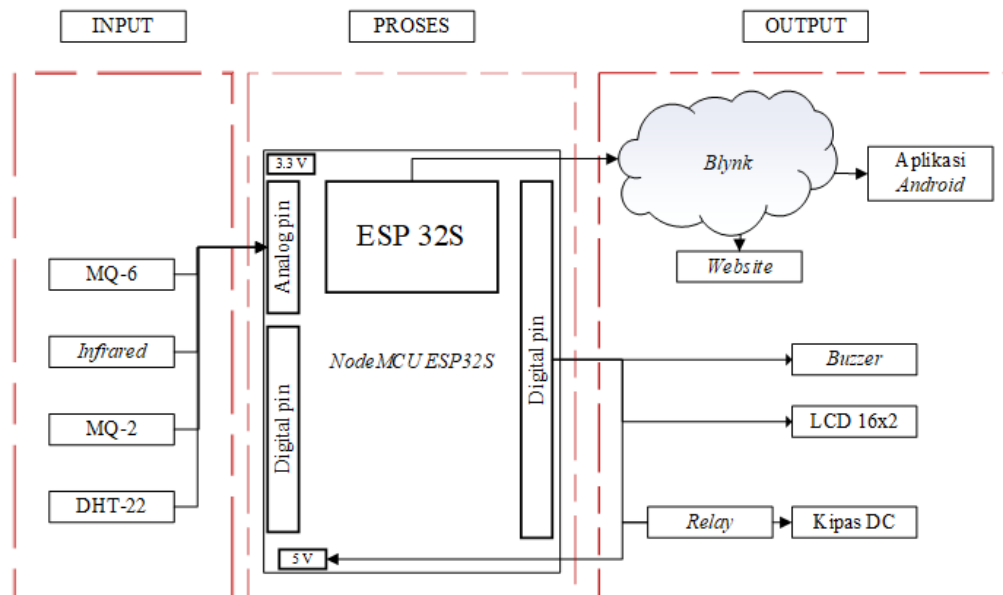
keterangan:

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1. <i>NodeMCU ESP32S</i> ; | 4. <i>Sensor Infrared</i> ; |
| 2. <i>Relay</i> ; | 5. <i>Sensor asap (MQ-2)</i> . |
| 3. <i>DHT-22</i> ; | |

Pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3** dapat dilihat bahwa sistem *monitoring* yang akan dibuat pada penelitian ini berbentuk kotak/boks berukuran 24x18x8,5 cm³. Sistem *monitoring* ini dilengkapi dengan beberapa sensor untuk mengukur beberapa parameter fisis. Sensor-sensor tersebut antara lain sensor MQ-6 yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas LPG yang bocor. Sensor ini diletakkan pada jarak yang ideal dengan posisi regulator gas sehingga dapat mendeteksi kebocoran yang terjadi pada tabung gas LPG dengan optimal. Selain itu terdapat

juga sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap, sensor *infrared* untuk mendeteksi ada atau tidaknya api, dan sensor suhu DHT-22 untuk mengukur suhu ruang di sekitar tabung gas LPG. Ketiga sensor tersebut diletakkan di bagian dinding luar sistem *monitoring* untuk *memonitoring* keadaan sekitar tabung gas LPG. Pada sistem ini juga terdapat kipas dan *buzzer* yang akan aktif berdasarkan *setting point* tertentu, dan juga tersedia LCD I2C untuk melihat hasil *monitoring*.

Diagram blok untuk sistem *monitoring* yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Diagram blok sistem *monitoring*

Pada **Gambar 3.4** dapat dilihat bahwa pemrosesan sinyal dimulai pada saat sistem menerima masukan berupa hasil pengukuran beberapa parameter fisis dari sensor. Kemudian sinyal masukan tersebut diolah oleh mikrokontroler *NodeMCU ESP32S* dan kemudian diolah. Proses pengolahan sinyal ini merupakan proses konversi sinyal-sinyal analog yang dikirimkan oleh masing-masing sensor ke *NodeMCU ESP32S* ke dalam bentuk data-data digital. Konversi dari sinyal analog ke data

digital dilakukan menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC) pada *NodeMCU ESP32S* yang memiliki ADC 12 bit. Hasil sinyal yang telah diolah kemudian ditampilkan sebagai hasil *monitoring* melalui LCD dan juga melalui *Blynk*. Hasil pengolahan sinyal juga akan mengaktifkan *relay* dan *buzzer* berdasarkan *setting point* tertentu.

3.3.2 Pemrograman Jaringan Saraf Tiruan

Pada penelitian ini JST yang digunakan dibuat dengan metode *backpropagation* menggunakan bahasa pemrograman *Python* 3.9. Jaringan saraf tiruan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan empat *node Input* pada lapisan masukan, dan tiga *node output* pada lapisan keluaran, ini sesuai dengan jumlah masukan dari sensor yang digunakan untuk membaca empat parameter. Pada lapisan tersembunyi, fungsi aktivasi yang digunakan pada model JST ini adalah *sigmoid*, sedangkan pada lapisan keluaran fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi *softmax* dengan *learning rate* sebesar 0,01.

Pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*), jumlah *node* yang digunakan ditentukan berdasarkan pendekatan yang tertera pada **Persamaan 2.1** sampai dengan **Persamaan 2.3**. Dengan menggunakan nilai $n = 4$ dan $N_o = 3$, jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.6**.

Tabel 3.6 Jumlah *node* pada lapisan tersembunyi

Model	Pendekatan	Jumlah <i>node</i> pada lapisan tersembunyi
JST-1	1	$N_h = n = 4$
JST-2	2	$N_h = N_o = 3$
JST-3	3	$N_h = n + N_o = 7$

Berdasarkan **Tabel 3. 6** di atas terdapat tiga model JST yang digunakan pada penelitian ini. Masing-masing model JST memiliki jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang berbeda-beda. Kinerja masing-masing model JST yang digunakan pada penelitian ini akan dihitung berdasarkan nilai *loss function*, akurasi, dan presisi yang dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2. 4**, **Persamaan 2. 5**, dan. Kinerja ketiga model JST selanjutnya dibandingkan, hal ini dilakukan untuk menentukan model JST mana yang paling baik tingkat kerjanya, yang selanjutnya akan diaplikasikan untuk sistem *monitoring* tabung gas LPG. Hasil pengukuran tingkat akurasi ketiga model JST ini akan disajikan pada **Tabel 3. 7**.

Tabel 3. 7 Pengukuran tingkat akurasi model JST yang dibuat

No	Model	Akurasi	Presisi	<i>Error/Loss function</i>
1	JST-1			
2	JST-2			
3	JST-3			

Pada proses pemrograman jaringan saraf tiruan diperlukan *dataset* untuk melatih JST yang telah dibuat. *Dataset* ini berisi pasangan *input* dan juga *target*. *Input* disini berupa parameter-parameter fisis yang diperoleh dari sensor, sedangkan *target* adalah hasil *monitoring* tabung gas LPG berdasarkan parameter-parameter yang diperoleh dari sensor. Cuplikan *dataset* yang digunakan untuk melatih JST dapat dilihat pada **Tabel 3. 8**, sedangkan untuk *dataset* selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Tabel 3. 8 Cuplikan *dataset* untuk melatih JST

LPG (ppm)	Api (V)	Asap (ppm)	Suhu (°C)	Status/Target
143,92	3,28	24,24	33,27	[0, 0, 1]
28,43	3,22	1,54	32,93	[0, 0, 1]
11,61	3,06	15,94	49,83	[0, 0, 1]
175,84	3,29	10,82	43,63	[0, 0, 1]
25,74	3,28	2,95	45,1	[0, 0, 1]
85,27	3,07	81	53,15	[0, 1, 0]
66,99	3,17	88,13	38,05	[0, 1, 0]
242,3	3,22	71,93	59,03	[0, 1, 0]
5,48	3,01	82,93	59,28	[0, 1, 0]
34,65	3,17	63,59	56,81	[0, 1, 0]
669,6	3,02	69,57	68,74	[1, 0, 0]
500,76	3,08	34,95	70,5	[1, 0, 0]
822,29	3,15	62,9	79,96	[1, 0, 0]
903,89	3,27	0,87	77,83	[1, 0, 0]
383,06	3,23	98,26	66,01	[1, 0, 0]
72,28	0,15	19,5	79,45	[1, 0, 0]

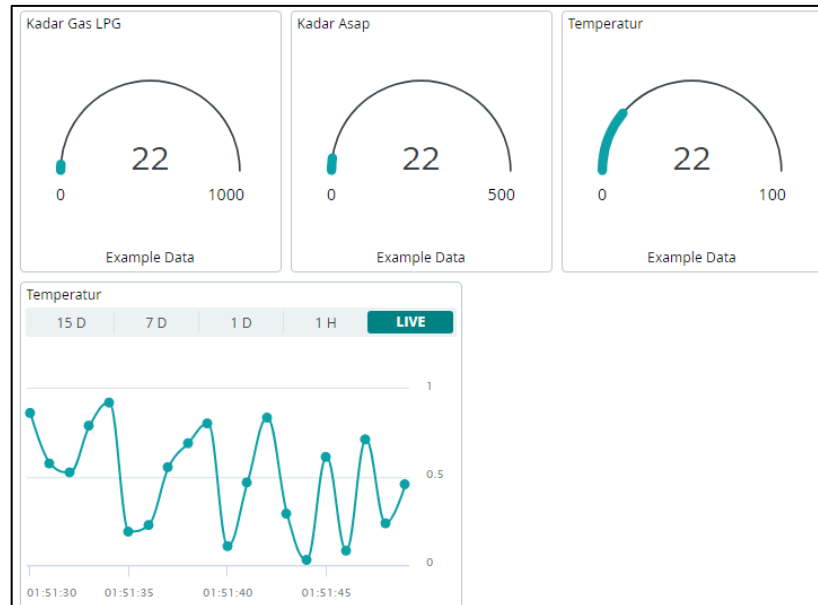
Keterangan:

Status : [0, 0, 1] = Aman; [0, 1, 0] = Waspada; [1, 0, 0] = Bahaya

Berdasarkan **Tabel 3. 8** ada empat parameter fisis yang digunakan untuk menentukan hasil *monitoring* tabung gas LPG. Parameter-parameter fisis tersebut antara lain kadar kebocoran gas, ada atau tidaknya api di sekitar tabung, kadar asap yang terdeteksi di sekitar tabung, dan suhu ruangan di sekitar tabung. Keempat parameter tersebut kemudian akan menentukan status keamanan tabung gas LPG. Untuk status, nilai [0, 0, 1] menunjukkan status aman, nilai [0, 1, 0] menunjukkan status waspada, dan nilai [1, 1, 0] menunjukkan status bahaya.

3.3.3 Perancangan Sistem *IoT*

Pada penelitian ini, sistem *IoT* yang digunakan dibuat menggunakan *platform Blynk*. Sistem *IoT* ini dibuat agar proses *monitoring* dapat dilakukan melalui jaringan internet melalui *website* maupun aplikasi android. Tampilan sistem *IoT* yang akan dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3. 5**.



Gambar 3. 5 Tampilan *dashboard IoT*

3.3.4 Pengujian Sistem *Monitoring*

Pengujian sistem *monitoring* dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh komponen yang terdapat pada sistem *monitoring* dapat bekerja dengan baik. Selain itu pengujian sistem juga bertujuan untuk mengetahui apakah JST yang telah dibuat dapat mengklasifikasikan hasil *monitoring* tabung gas LPG berdasarkan beberapa parameter fisis yang diperoleh dari sensor.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem *monitoring* keamanan tabung gas LPG menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode *backpropagation* berbasis *internet of things* telah berhasil dibuat dan dapat berfungsi dengan baik.
2. Jaringan saraf tiruan untuk menentukan hasil *monitoring* gas LPG berdasarkan kadar kebocoran gas, kadar asap, api, dan suhu ruangan telah berhasil dibuat dengan rata-rata akurasi sebesar 99,63%, rata-rata presisi sebesar 100%, dan rata-rata *error (Loss function)* sebesar 0,423 %.
3. Teknologi *internet of things* telah berhasil diterapkan dengan menggunakan *platform Blynk* untuk proses *monitoring* tabung gas LPG, dan menggunakan *WhatsApp bot Twilio* untuk mengirimkan notifikasi kepada pengguna.

5.2 Saran

Saran dari penelitian yang dapat digunakan untuk perkembangan riset selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan sensor gas yang berkualitas lebih tinggi.

2. Melengkapi alat dengan sumber tegangan cadangan seperti baterai, yang berfungsi untuk mendukung listrik yang mati pada saat terjadi pemadaman listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrazak, A., Bierk, I., & Aday, L. A. (2018). Humidity and Temperature Monitoring. *International Journal of Engineering & Technology*, 7, 5174–5177.
- Amirah, IndoIntan, Salman, & Arifin, S. R. (2021). Sistem Deteksi Dan Pengaman Kebocoran Gas Pada Kompor Bebas Sms Gateway. *Prosiding Seminar Ilmiah Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi*, X(2), 144–153.
- Amrizal, V., & Aini, Q. (2013). *Kecerdasan buatan*. Jakarta: Halaman Moeka.
- Andriana, A., Herpuji, S. B., & Zulkarnain. (2018). Monitoring dan Kendali Jarak Jauh Kebocoran Gas LPG Berbasis Android. *Jurnal Tiarsie*, 15, 1–5.
- Antonio, F. (2009). Negative Temperature Coefficient Resistance (NTCR) Ceramic Thermistors: An Industrial Perspective. *Journal of The American Ceramic Society*, 92(5). <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2009.02990.x>
- Arafat. (2016). Sistem Pengamanan Pintu Rumah Berbasis Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik "Technologia,"* 7(4), 262–268.
- Arshak, K., Moore, E., Lyons, G. ., Harris, J., & Clifford, S. (2004). A review of gas sensors employed in electronic nose applications. *Sensor Review*, 24, 181–198.
- Aryan, I. P., & Bella, C. (2021). Rancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Berbasis Android Menggunakan Sensor MQ-2. *Jurnal Teknik Komputer*, 1(3), 1–20.
- Berliani, D., & Saragih, Y. (2021). Pemanfaatan 4G LTE Dalam Implementasi NodeMCU ESP8266 Pada Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG. *Journal of Electrical Technology*, 1099, 1–6.
- Bishop, O. (2004). *Dasar-dasar Elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- Budioko, T. (2016). Sistem Monitoring Suhu Jarak Jauh Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol MQTT. *Seminar Riset Teknologi Informasi (SRITI)*, VIII, 353–358.

- Desai, P. (2015). *Python Programming for Arduino*. Birmingham: Packt Publishing.
- Desiani, A., & Arhami, M. (2006). *Konsep Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: ANDI.
- Deswar, F. A., & Pradana, R. (2021). Monitoring Suhu Pada Ruang Server Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis Internet Of Things (IOT). *Jurnal Technologia*, 12(1), 25–32.
- Dewi, A. K., Wardhana, A. S., Pratama, A., & Nugraha, W. A. (2021). Alat Deteksi Kebocoran Gas Rumah Tangga Berbasis Internet of Things. *Jurnal Hilirisasi Technology Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 56–65.
- Dirgantara, W., Suyono, H., & Setyawati, O. (2017). Sistem Peringatan Dini untuk Deteksi Kebakaran pada Kebocoran Gas Menggunakan Fuzzy Logic Control. *Jurnal EECCIS*, 11, 27–32.
- Dwitama, A. P., Janardana, I. G. N., & Wijaya, I. wayan A. (2021). Rancang Bangun Prototipe Pemantau Kebocoran Gas Menggunakan Sensor MQ-6 Berbasis NodeMCU 8266. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(1), 9–14.
- Franke, M. E., Koplin, T. J., & Simon, U. (2006). Reviews Metal and Metal Oxide Nanoparticles in Chemiresistors. *Nanoparticles in Sensor Technology Accordingly*, 2(1), 36–50.
- Graupe, D. (2006). *Principles Of Artificial Neural Network*. Chicago: World Scientific.
- Guido, S., & Muller, A. C. (2017). *Introduction to Machine Learning with Python A Guide for Data Scientists*. Sebastopol: O'REILLY.
- Hakim, L., & Yonatan, V. (2017). Deteksi Kebocoran gas LPG menggunakan Detektor Arduino dengan. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 1(2), 114–121.
- Handi, Fitriyah, H., & Setyawan, G. E. (2019). Sistem Pemantauan Menggunakan Blynk dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Jamur Dengan Metode Logika Fuzzy. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(4), 3258–3265.
- Hermawan, D., Hendrawan, A. H., & Ritzkal. (2019). Sistem Deteksi Kebocoran Gas Rumah Tangga dengan menggunakan Peringatan Whatsapp. *Jurnal Teknik UMJ*, 1–8.
- Huda, M. G. N. (2022). Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(1), 617–631.
- Indrawan, A. W., Muchtar, N., & Kautsar, I. Al. (2020). Rancang Bangun ATS / AMF Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Elekterika*, 1(18), 26–32.

- Jinchuan, K., & Xinzhie, L. (2008). Empirical analysis of optimal hidden neurons in neural network modeling for stock prediction. *Proceedings of the Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application*, 2, 828–832.
- Khakim, L., Afriliana, I., Nurohim, & Rakhman, A. (2022). Alat Proteksi Kebocoran Gas LPG Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Sistem Komputer*, 11(28), 2–9. <https://doi.org/10.34010/komputika.v11i1.4977>
- Kim, P. (2017). *Matlab Deep Learning With Machine Learning, Neural Networks and Artificial Intelligence*. Seoul: Apress.
- Kusnandar, Dharmi, N. K. H., & Pratika, D. A. (2019). Rancang Bangun Prototipe Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Konsep. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 18(01), 17–26.
- Maidoni, I., & Elfizon. (2020). Perancangan Sistem Keamanan Ruang Akibat Kebocoran Gas Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 124–128.
- Marselinus, M. K., Tarigan, J., & Andreas, C. L. (2010). Sistem Alarm Kebakaran Menggunakan Sensor Infra RED Dan Sensor Suhu Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Fisika*, 2(25–31).
- Menarianti, I. (2015). Klasifikasi data mining dalam menentukan pemberian kredit bagi nasabah koperasi. *Jurnal Ilmu Teknosains*, 1, 1–10.
- Morgan, P. (2016). *Data Analysis from Scratch with Python Step By Step Guide*. AI SCIENCES. New York.
- Mueller, J. P., & Massaron, L. (2020). *Artificial Intelligence for dummies*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Mulyati, S., & Sumardi. (2018). Internet Of Things (IoT) Pada Prototipe Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis MQ-2 dan SIM800L. *Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 7(2), 64–72.
- Neamen, D. A. (2012). *Semiconductor Physics And Devices Basic Principles* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Nusyirwan, D. (2020). Tong Sampah Pintar Dengan Perintah Suara Guna Menghilangkan Perilaku Siswa Membuang Sampah Sembarangan Di Sekolah. *Jurnal TEKNOINFO*, 14(1), 48–58.
- Pallas-Areny, R., & Webster, J. G. (1991). Sensors And Signals Conditioning. In *Analytical Proceedings* (Vol. 28, Issue 4). New York: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1039/AP9912800102>
- Panchal, F. S., & Panchal, M. (2014). Review on Methods of Selecting Number of Hidden Nodes in Artificial Neural Network. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(11), 455–464.

- Prayitno, W. A., Muttaqin, A., & Syauqy, D. (2017). Sistem Monitoring Suhu , Kelembaban , dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan Blynk Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(4), 292–297.
- Puspaningrum, A. S., Firdaus, F., Ahmad, I., & Anggono, H. (2020). Perancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Pada Perangkat Mobile Android Dengan Sensor MQ-2. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 01(1), 1–10.
- Puspasari, F., Satya, T. P., Oktiawati, U. Y., Fahrurrozi, I., & Prisyanti, H. (2020). Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 berbasis Arduino Terhadap Thermohyrometer Standar. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 16(1), 40.
- Putra, A. P., Ariyanto, Y., & Hamdana, E. N. (2021). Pengembangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas menggunakan Protokol Message Queuing Telemetry Transport berbasis Internet Of Things. *Seminar Informatika Aplikatif Polinema (SIAP)*, 14–21.
- Putra, M. F., Kridalaksana, A. H., & Arifin, Z. (2017). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor Mq-6 Berbasis Mikrokontroler Melalui Smartphone Android Sebagai Media Informasi. *Jurnal Ilmu Komputer*, 12, 1–6.
- Raharjo, T. S. (2021). *Rancang Bangun Hardware Pendeteksi Kebocoran Gas Lpg Untuk Mengurangi Terjadinya Kebakaran Yang Disebabkan Oleh Penggunaan Gas Lpg Berbasis Web*.
- Richert, W., & Coelho, L. P. (2013). *Building Machine Learning Systems with Python*. Birmingham: Packt Publishing.
- Rimbawati, Setiadi, H., Ananda, R., & Ardiansyah, M. (2019). Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas LPG Dengan Menggunakan Sensor MQ-6 Untuk Mengatasi Bahaya Kebakaran. *Journal of Electrical Technology*, 4(2), 53–58.
- Rosebrock, A. (2017). *Deep Learning For Computer Vision With Python*. New York: PYIMAGESEARCH.
- Russell, S. J., Norvig, P., Canny, J. F., Malik, J. M., Edwards, D. D., Jonathan, S. J. S., & Norvig, P. (1995). *Artificial Intelligence A Modern Approach*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Saptadi, A. H. (2014). Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22. *Jurnal Infotel*, 6, 49–56.
- Saputra, D. H., Nabilah, N., Islam, H. I., Pradipta, G. M., Atsaurri, S. S., Kurniawan, A., Safutra, H., Arif, A., & Irzaman, I. (2016). Pembuatan Model Pendeteksi Api Berbasis Arduino Uno Dengan Keluaran Sms Gateway. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, V, SNF2016-CIP-103-SNF2016-CIP-108. <https://doi.org/10.21009/0305020120>

- Sheela, K. G., & Deepak, S. N. (2013). Review on Methods to Fix Number of Hidden Neurons in Neural Networks. *Mathematical Problems in Engineering*, 11.
- Shovic, J., & Simpson, A. (2019). *Python ALL - IN - ONE for dummies*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Sinclair, I. R. (2001). *Sensors and Transducers*. Oxford: Newnes.
- Sivanandam, S. N., Sumathi, S., & Deepa, S. N. (2008). *Introduction to Neural Networks Using Matlab 6.0*. Tata McGraw Hill, New York.
- Sumarto. (2017). *Sistem Peringatan Dini Deteksi Dan Pemadam Kebakaran Berbasis Raspberry Pi*. Skripsi, Surabaya: Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sundaram, K. M., & Karthigai, S. (2019). Determining Hidden Neurons with Variant Experiments in Multilayer Perceptron using Machine Learning Neural Networks. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJTEE)*, 8(9).
- Tagliaferri, L., Morales, M., Birbeck, E., & Wan, A. (2019). *Python Machine Learning Projects*. New York: DigitalOcean.
- Taradhyatama, A., Topan, P. A., Aulia, M., & Aryanto, N. (2022). Rancang Bangun Smart Monitoring System Di Laboratorium Elektro Universitas Teknologi Sumbawa Berbasis Esp32 Dan Blynk. *Jurnal Elektronika, Energi Dan Sistem Energi*, 1(1), 34–41.
- Turang, D. A. O. (2015). Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile. *Seminar Nasional Informatika*, 14, 75–85.
- Tutorialspoint. (2016). *Artificial Intelligence with Python*. Tutorialspoint.
- Widodo, S. (2019). Review Sensor Gas Berbasis Metal Oksida Semikonduktor Untuk Mendeteksi Gas Polutan Yang Selektif Dan Sensitif. *Jurnal Techno-Socio Ekonomika*, 12(2), 92–112.
- Widyanto, & Erlansyah, D. (2014). Rancang Bangun Alat Deteksi Kebocoran Tabung Gas Elpiji Berbasis Arduino. *SEMANTIK*, 2014(November), 1–7.
- Wijayanti, M. (2022). Design and Construction of Smart Garage Using Ultrasonic Sensor HC-SR04 and MQ-2 Gas Sensor Based on Arduino Uno. *Jurnal Info Sains : Informatika Dan Sains*, 12(01), 1–6.