

IMPLEMENTASI IOT PADA SISTEM MONITORING TEKANAN GAS SF6 DI GARDU INDUK 150KV PELABUHAN RATU

Aden Ginanjar, Fithri Muliawati, Opa Mustopa

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl. K. H. Sholeh Iskandar Km. 2 Kedung Badak Tanah Sareal, Kota Bogor

Telp.: (0251) 8356884

e-mail: ^[1]adenginanjar20@gmail.com, ^[2]fithri.muliawati@uika-bogor.ac.id

ABSTRAK

Gardu Induk SF6 atau GIS merupakan Gardu Induk yang menggunakan media isolasi elektrik berupa Gas SF6 pada semua peralatan utama di Switchgear. Hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan Gas SF6 yaitu tekanan pada gas harus sesuai dengan standarnya. GIS 150KV Pelabuhan Ratu merupakan salah satu Gardu Induk yang menggunakan gas SF6 sebagai media isolasi. Hampir sebanyak 150 manometer yang ada untuk mengecek tekanan gas SF6. Akan sangat lama jika mengecek satu persatu manometer gas tersebut. Berdasarkan permasalahan ini, perlu adanya **Implementasi IOT pada sistem monitoring tekanan gas SF6 di Gardu Induk Pelabuhan Ratu**. Metode penelitian sistem monitoring gas SF6 memakai metode kuantitatif dengan beberapa tahapan yaitu pengumpulan data lapangan, penyiapan alat dan bahan penelitian, perancangan sistem, pembuatan pemrograman, uji pemrograman dengan alat, upload data ke website dan analisa. Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan tiga kali percobaan menggunakan tiga gas portable dan selang beserta neple yang berbeda, diperoleh waktu rata-rata penurunan gas portable yaitu 15 jam 15 menit dengan rata-rata penurunan setiap 15 menit sekali sebesar 0,03764 bar.

Kata Kunci: Gas SF6, Arduino Uno R3, Modul Wifi ESP 8266.

ABSTRACT

Substation SF6 or GIS is a substation that uses electrical insulation media in the form of SF6 gas on all main equipment in Switchgear. The thing that must be considered in the use of SF6 gas is that the pressure on the gas must be in accordance with the standard. GIS 150KV Pelabuhan Ratu is one of the substations that use SF6 gas as an isolation medium. Almost as many as 150 manometers exist to check the pressure of SF6 gas. It will be very long if you check the gas manometer one by one. Based on this problem, it is necessary to **implement IOT on the SF6 gas pressure monitoring system at the Pelabuhan Ratu Substation**. The research method for the SF6 gas monitoring system uses a quantitative method with several stages, namely field data collection, preparation of research tools and materials, system design, programming, testing programming with tools, uploading data to the website and analysis. From the results of research conducted with three experiments using three portable gases and different hoses with nipples, the average reduction time for portable gas was 15 hours 15 minutes with an average decrease every 15 minutes of 0.03764 bar.

Keywords: SF6 Gas, Arduino Uno R3, Wifi Module ESP 8266

1. PENDAHULUAN

Gardu Induk SF6 atau biasa disebut GIS merupakan subsistem dari sistem penyaluran tenaga listrik yang berfungsi untuk mengatur penyaluran energi listrik dari Pembangkit ke konsumen melalui Gardu Distribusi dengan menggunakan media isolasi berupa Gas SF6[1]. Gas SF6 merupakan salah satu gas yang baik untuk digunakan sebagai media isolasi[2]. Gas SF6 yang diproduksi di seluruh dunia, sebanyak 80 persennya dipakai sebagai media isolasi dalam sistem kelistrikan[3]. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifat gas SF6 sebagai berikut:

- Penghantar panas (thermal conductivity) yang dapat mendisipasikan panas pada peralatan;

- Isolasi yang sangat baik (excellent insulating).
- Mampu memadamkan busur api (arc);
- Viskositas yang rendah;
- Tidak mudah bereaksi dan stabil[4] [5] [6].

Gas SF6 memiliki sifat dielektrik yang bagus karena luasnya penampang molekul SF6 dan sifat electronegativity (electron affinity) yang besar dari atom fluor. Sifat electronegativity ini memungkinkan SF6 mampu menangkap elektron bebas yang bertugas sebagai pembawa muatan, menyerap energinya, lalu menurunkan temperatur busur api[7].

Hal utama yang harus diperhatikan dalam penggunaan Gas SF6 yaitu tekanan pada Gas harus sesuai dengan standarnya. Jika tidak sesuai maka hal yang tidak diinginkan akan terjadi karena kegagalan Gas SF6 dalam mengisolasi penghantar listrik. Oleh

karena itu, perlu adanya pengecekan tekanan Gas SF6 pada setiap peralatan Switchgear setiap saat.

Pada penelitian ini, dibuat sistem monitoring dan kontrol otomatis Gas SF6 untuk memonitor tekanan Gas SF6 setiap waktu dengan cara mengakses via aplikasi Handphone dan tidak perlu memantau langsung ke Switchgear. Penelitian ini ditekankan pada penempatan sensor tekanan pada setiap peralatan yang berbasis arduino.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian sistem monitoring gas SF6 memakai metode kuantitatif dengan membuat alat yang dapat memonitor tekanan gas SF6 melalui aplikasi di smartphone. Pada tahapan kuantitatif ini diperlukan beberapa tahapan yaitu pengumpulan data lapangan, penyiapan alat dan bahan penelitian, perancangan sistem, pembuatan pemrograman, uji pemrograman dengan alat, upload data ke website dan analisa.



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan penelitian dalam bentuk diagram alir

2.1 Bentuk Fisis Perangkat Implementasi IOT Pada Sistem Monitoring Gas SF6

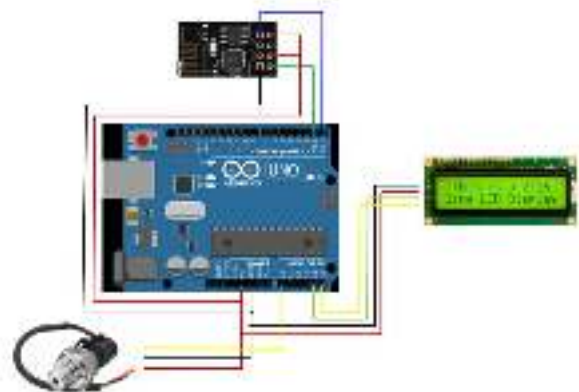
Bentuk fisis perangkat, meliputi: pembuatan sistem mekanik, sistem modul dan pemrograman.

2.1.1 Pembuatan Sistem mekanik dan Kontrol Kendali

Pemakaian Gas SF6 untuk keperluan penelitian akan sangat berbahaya. Maka dalam penelitian ini memakai gas portable sebagai pengganti dari gas SF6. Pembuatan sistem mekanik pada perangkat implementasi IOT pada sistem monitoring gas SF6 dilakukan dengan menghubungkan tabung gas portable dengan Adaptor kepala tabung. Ujung Adaptor memakai nepel selang untuk dipasangkan selang dengan ukuran 6mm. Selang tersebut menghubungkan antara tabung gas portable dengan manometer gas dan sensor tekanan gas yang sudah diberi nepel selang, seperti ditunjukkan pada gambar 2.

2.1.2 Pembuatan Sistem Modul

Pembuatan sistem modul pada perangkat implementasi IOT pada sistem monitoring gas SF6 dilakukan dengan menghubungkan perangkat Arduino Uno R3 dengan Sensor Tekanan Gas, modul Wifi RD 8266 dan juga layar LCD berukuran 16x2 cm. Rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Mikrokontroler

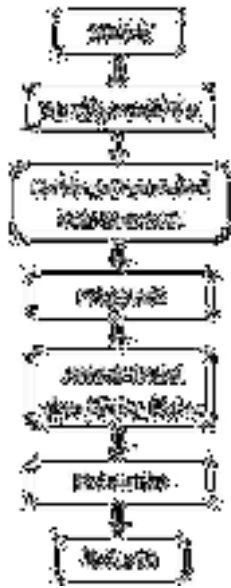
Pada gambar 2 ditunjukkan, Arduino R3 yang dihubungkan ke LCD, modul Wifi RD 8266 dan juga Sensor tekanan gas dengan menggunakan kabel jumper dan Protoshield.

2.1.3 Pemrograman

Pemrograman Arduino dilakukan melalui penentuan algoritma dan penyusunan sintaks. Penyusunan sintaks terhadap mikrokontroler Arduino Uno R3 menggunakan aplikasi Integrated Development Environment (IDE) yang dijalankan pada PC atau Laptop

a) Pembuatan Algoritma

Pembuatan algoritma bertujuan agar diperoleh kemudahan dan pemrograman menjadi terarah serta terstruktur dengan baik. Algoritma program untuk implementasi IOT pada sistem monitoring tekanan gas SF6, seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Algoritma pemrograman

b) Penulisan Sintaks

Penulisan sintaks atau sketch yang lebih dikenal dalam Arduino IDE didasarkan pada setiap tahapan-tahapan pada pembuatan algoritma, yaitu sebagai berikut:

1. Konfigurasi pin
Tahapan konfigurasi pin menentukan pin yang digunakan sebagai masukan dan keluaran.
2. Deklarasi variabel dan konstanta
Deklarasi variable dilakukan untuk pendeklarasian jenis data yang harus dikerjakan.
3. Program Utama
Program utama adalah sumber dari pengontrolan program yang memuat semua perintah pada program yang diurutkan dari tampilan awal, pengambilan data, penampilan data pada LCD, dan tampilan pada aplikasi Blynk.
4. Ambil data dan kirim data
Pengambilan data dilakukan sampai perolehan perubahan data, lalu data tersebut dikirim untuk selanjutnya ditampilkan pada LCD dan aplikasi Blynk.
5. Keluaran
Keluaran program merupakan reaksi akibat masukan data yang diberikan oleh rangkaian yang dihubungkan dengan pin masukan pada sistem mikrokontroler

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rancang Bangun Sistem Monitoring Gas

Cara kerja alat sistem monitoring gas dimulai dengan menghubungkan sistem mekanik yang terdiri dari tabung gas portable, adapter kepala tabung gas, nepel, selang, manometer gas dan sensor tekanan dihubungkan dengan sistem modul yang terdiri dari Arduino Uno R3, modul Wifi RD 8266

dan layar LCD. Perangkat tersebut kemudian dihubungkan dengan Laptop menggunakan kabel data yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengaplikasian bentuk fisis perangkat

Langkah berikutnya yaitu memasukan sintaks yang telah dibuat di program Arduino IDE ke Arduino Uno R3 dengan memilih icon *upload* pada program Arduino IDE dan tunggu beberapa saat sampai proses *upload* sintaks selesai seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Proses *upload* sintaks

Jika proses *upload* sudah selesai, layar LCD akan menampilkan nilai tekanan sesuai dengan yang ada pada tabung gas.

3.2 Kinerja Dalam Sistem Monitoring Tekanan Gas SF6

Pengukuran kinerja dilakukan terhadap tiga kondisi, yaitu (a) saat perbandingan nilai ukur pada tabung gas dan keluaran sensor tekanan, (b) saat pengambilan data dengan aplikasi PLX DX, (c) saat pengukuran pemakaian daya.

3.2.1 Perbandingan Nilai Ukur pada Tabung Gas dan Keluaran Sensor Tekanan

Alat monitoring tekanan gas SF6 memiliki dua buah nilai pengukuran yang berasal dari manometer yang terhubung langsung dengan tabung gas, dan dari hasil pembacaan sensor tekanan gas SF6 yang ditampilkan pada sebuah LCD. Pembacaan dari manometer menjadi acuan karena terhubung langsung dengan tabung gas. Sensor tekanan gas SF6 yang memiliki keakuratan tidak sampai 100% dan juga melewati kabel-kabel sensor

yang memiliki nilai tahanan, akan cenderung menampilkan tekanan yang berbeda dengan aslinya. Penggunaan nilai offset pada program Arduino akan sangat berpengaruh pada hasil nilai yang ditampilkan pada LCD.



Gambar 6. Nilai tekanan gas pada LCD



Gambar 7. Nilai tekanan pada Manometer

Pada gambar 6 dan gambar 7 terlihat perbedaan nilai dari hasil pengukuran menggunakan sensor tekanan gas dan manometer. Berikut perubahan yang dihasilkan ketika merubah nilai offsite pada program Arduino:

Tabel 1. Perubahan Nilai Offset

Nilai Offsite	Tekanan di LCD (Bar)
0	1,14
0,05	1,00
0,1	0,86
0,2	0,58
0,3	0,29
0,4	0,01
0,402	0,00

```
const float Offset = 0.402 ;

float V, P;
void setup() {
```

Gambar 8. Nilai *offset* pada program Arduino



Gambar 9. Nilai pengukuran pada LCD sesudah merubah nilai offset

Gambar 9 memperlihatkan nilai pengukuran pada LCD sesudah menyesuaikan nilai offset pada program Arduino. Langkah berikutnya yaitu memutar adaptor kepala tabung untuk membuka aliran gas dari tabung seperti terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Memutar adaptor kepala tabung

Ketika adaptor diputar, maka LCD dan manometer akan menunjukkan nilai tekanan pada tabung gas seperti terlihat pada gambar 11 dan gambar 12.



Gambar 11. Nilai Tekanan pada LCD sesudah memutar adaptor kepala tabung



Gambar 12. Nilai Tekanan pada manometer sesudah memutar adaptor kepala tabung

3.2.2 Pengambilan data dengan aplikasi PLX-DX

Dalam penelitian ini penulis menggunakan bantuan aplikasi PLX-DX yang diinstal di PC/Laptop untuk mengumpulkan data-data dari nilai tekanan pada tabung gas. Penambahan program pada bagian void loop untuk PLX-DX di Arduino ide seperti ditunjukkan pada gambar 13.

```
void loop() {

  int nilai = analogRead (A0); //penempatan sensor
  V = nilai * 5.00 / 1024; // keluaran sensor ke
  P = 2.8378 * (V - Offset) + (-1.4185); //Rumus

  Serial.println( (String) "DATA,,DATE,TIME," + P );
}
```

Gambar 13. Program untuk aplikasi PLX-DX

Data dari hasil program tersebut akan ditampilkan di MS.Excel yang memuat waktu pengambilan data dan nilai tekanan pada tabung gas, seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengambilan data pertama

Date	Time	Tekan an (Bar)	ΔP
17/11/2021	5.00.00 PM	2,15	-
17/11/2021	5.15.00 PM	2,11	0,04
17/11/2021	5.30.00 PM	2,06	0,05
17/11/2021	5.45.00 PM	2,04	0,02
17/11/2021	6.00.00 PM	2	0,04
17/11/2021	6.15.00 PM	1,95	0,05
17/11/2021	6.30.00 PM	1,9	0,05

Date	Time	Tekan an (Bar)	ΔP
17/11/2021	6.45.00 PM	1,87	0,03
17/11/2021	7.00.00 PM	1,82	0,05
17/11/2021	7.15.00 PM	1,77	0,05
17/11/2021	7.30.00 PM	1,73	0,04
17/11/2021	7.45.00 PM	1,69	0,04
17/11/2021	8.00.00 PM	1,65	0,04
17/11/2021	8.15.00 PM	1,62	0,03
17/11/2021	8.30.00 PM	1,55	0,07
17/11/2021	8.45.00 PM	1,51	0,04
17/11/2021	9.00.00 PM	1,48	0,03
17/11/2021	9.15.00 PM	1,41	0,07
17/11/2021	9.30.00 PM	1,37	0,04
17/11/2021	9.45.00 PM	1,34	0,03
17/11/2021	10.00.00 PM	1,3	0,04
17/11/2021	10.15.00 PM	1,25	0,05
17/11/2021	10.30.00 PM	1,22	0,03
17/11/2021	10.45.00 PM	1,18	0,04
17/11/2021	11.00.00 PM	1,14	0,04
17/11/2021	11.15.00 PM	1,11	0,03
17/11/2021	11.30.00 PM	1,04	0,07
17/11/2021	11.45.00 PM	1,03	0,01
18/11/2021	12.00.00 AM	1	0,03
18/11/2021	12.15.00 AM	0,96	0,04
18/11/2021	12.30.00 AM	0,9	0,06
18/11/2021	12.45.00 AM	0,87	0,03
18/11/2021	1.00.00 AM	0,83	0,04
18/11/2021	1.15.00 AM	0,82	0,01
18/11/2021	1.30.00 AM	0,75	0,07
18/11/2021	1.45.00 AM	0,73	0,02
18/11/2021	2.00.00 AM	0,71	0,02
18/11/2021	2.15.00 AM	0,68	0,03
18/11/2021	2.30.00 AM	0,65	0,03
18/11/2021	2.45.00 AM	0,62	0,03
18/11/2021	3.00.00 AM	0,58	0,04
18/11/2021	3.15.00 AM	0,55	0,03
18/11/2021	3.30.00 AM	0,53	0,02
18/11/2021	3.45.00 AM	0,5	0,03
18/11/2021	4.00.00 AM	0,47	0,03
18/11/2021	4.15.00 AM	0,46	0,01
18/11/2021	4.30.00 AM	0,4	0,06
18/11/2021	4.45.00 AM	0,37	0,03
18/11/2021	5.00.00 AM	0,36	0,01
18/11/2021	5.15.00 AM	0,33	0,03
18/11/2021	5.30.00 AM	0,3	0,03
18/11/2021	5.45.00 AM	0,28	0,02
18/11/2021	6.00.00 AM	0,25	0,03
18/11/2021	6.15.00 AM	0,22	0,03
18/11/2021	6.30.00 AM	0,21	0,01
18/11/2021	6.45.00 AM	0,18	0,03
18/11/2021	7.00.00 AM	0,15	0,03
18/11/2021	7.15.00 AM	0,14	0,01
18/11/2021	7.30.00 AM	0,12	0,02
18/11/2021	7.45.00 AM	0,08	0,04
18/11/2021	8.00.00 AM	0,07	0,01
18/11/2021	8.15.00 AM	0,04	0,03

Date	Time	Tekanan (Bar)	ΔP
18/11/2021	8.30.00 AM	0,03	0,01
18/11/2021	8.45.00 AM	0,01	0,02
18/11/2021	9.00.00 AM	0	0,01
Rata-rata penurunan tekanan:			0,033594

Tabel 2 memperlihatkan data perolehan tekanan pada tabung gas secara *real time* setiap 15 menit sekali. Pada pengukuran pertama, tekanan gas habis selama 16 jam 0 menit yang dilakukan pada tanggal 17 November 2021 pukul 17:30 sampai tanggal 18 November 2021 pukul 09:00 dan didapat rata-rata penurunan setiap 15 menit sekali sebesar 0,033594 bar. Aplikasi PLX-DX juga memungkinkan kita melihat data hasil pengukuran tabung gas menggunakan grafik seperti terlihat pada gambar 14.



Gambar 14. Grafik hasil ukur tekanan tabung gas pertama

Gambar 14 memperlihatkan penurunan nilai tekanan pada tabung gas yang disebabkan oleh kebocoran pada nepel selang. Dalam kasus serupa bisa disebabkan oleh kebocoran pada tabung gas atau selang.

Pengukuran kedua menggunakan nepel beserta selang yang berbeda dari pengukuran pertama, hasil yang didapat dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengambilan data kedua

Date	Time	Tekanan (Bar)	ΔP
18/11/2021	12.35.00 PM	2,36	-
18/11/2021	12.50.00 PM	2,27	0,09
18/11/2021	1.05.00 PM	2,19	0,08
18/11/2021	1.20.00 PM	2,15	0,04
18/11/2021	1.35.00 PM	2,06	0,09
18/11/2021	1.50.00 PM	2,02	0,04
18/11/2021	2.05.00 PM	1,95	0,07

Date	Time	Tekanan (Bar)	ΔP
18/11/2021	2.20.00 PM	1,9	0,05
18/11/2021	2.35.00 PM	1,84	0,06
18/11/2021	2.50.00 PM	1,79	0,05
18/11/2021	3.05.00 PM	1,73	0,06
18/11/2021	3.20.00 PM	1,68	0,05
18/11/2021	3.35.00 PM	1,64	0,04
18/11/2021	3.50.00 PM	1,57	0,07
18/11/2021	4.05.00 PM	1,52	0,05
18/11/2021	4.20.00 PM	1,48	0,04
18/11/2021	4.35.00 PM	1,41	0,07
18/11/2021	4.50.00 PM	1,37	0,04
18/11/2021	5.05.00 PM	1,32	0,05
18/11/2021	5.20.00 PM	1,29	0,03
18/11/2021	5.35.00 PM	1,23	0,06
18/11/2021	5.50.00 PM	1,19	0,04
18/11/2021	6.05.00 PM	1,15	0,04
18/11/2021	6.20.00 PM	1,11	0,04
18/11/2021	6.35.00 PM	1,05	0,06
18/11/2021	6.50.00 PM	1,01	0,04
18/11/2021	7.05.00 PM	0,98	0,03
18/11/2021	7.20.00 PM	0,94	0,04
18/11/2021	7.35.00 PM	0,9	0,04
18/11/2021	7.50.00 PM	0,86	0,04
18/11/2021	8.05.00 PM	0,83	0,03
18/11/2021	8.20.00 PM	0,79	0,04
18/11/2021	8.35.00 PM	0,73	0,06
18/11/2021	8.50.00 PM	0,72	0,01
18/11/2021	9.05.00 PM	0,69	0,03
18/11/2021	9.20.00 PM	0,65	0,04
18/11/2021	9.35.00 PM	0,62	0,03
18/11/2021	9.50.00 PM	0,58	0,04
18/11/2021	10.05.00 PM	0,55	0,03
18/11/2021	10.20.00 PM	0,51	0,04
18/11/2021	10.35.00 PM	0,5	0,01
18/11/2021	10.50.00 PM	0,47	0,03
18/11/2021	11.05.00 PM	0,44	0,03
18/11/2021	11.20.00 PM	0,4	0,04
18/11/2021	11.35.00 PM	0,37	0,03
18/11/2021	11.50.00 PM	0,36	0,01
19/11/2021	12.05.00 AM	0,32	0,04
19/11/2021	12.20.00 AM	0,3	0,02
19/11/2021	12.35.00 AM	0,28	0,02
19/11/2021	12.50.00 AM	0,25	0,03
19/11/2021	1.05.00 AM	0,22	0,03
19/11/2021	1.20.00 AM	0,19	0,03
19/11/2021	1.35.00 AM	0,17	0,02
19/11/2021	1.50.00 AM	0,15	0,02
19/11/2021	2.05.00 AM	0,14	0,01
19/11/2021	2.20.00 AM	0,11	0,03
19/11/2021	2.35.00 AM	0,08	0,03
19/11/2021	2.50.00 AM	0,06	0,02
19/11/2021	3.05.00 AM	0,03	0,03
19/11/2021	3.20.00 AM	0,01	0,02
19/11/2021	3.35.00 AM	0	0,01

Date	Time	Tekanan (Bar)	ΔP
Rata-rata penurunan tekanan:			0,039 333

Tabel 3 memperlihatkan data perolehan tekanan pada tabung gas secara *real time* setiap 15 menit sekali. Pada pengukuran kedua, tekanan gas habis selama 15 jam 0 menit yang dilakukan pada tanggal 18 November 2021 pukul 12:35 sampai tanggal 19 November 2021 pukul 03:35 dan didapat rata-rata penurunan setiap 15 menit sekali sebesar 0,039333 bar. Grafik berdasarkan dengan tabel 4.3 bisa dilihat pada gambar 20.



Gambar 15. Grafik hasil ukur tekanan tabung gas kedua

Gambar 15 menunjukkan penurunan nilai tekanan pada tabung gas dengan menggunakan nepel dan selang yang berbeda.

Pengukuran ketiga dilakukan menggunakan selang dan nepel yang berbeda dari pengukuran pertama dan kedua. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengambilan data ketiga

Date	Time	Tekanan (Bar)	ΔP
20/11/2021	1.00.00 PM	2,36	-
20/11/2021	1.15.00 PM	2,31	0,05
20/11/2021	1.30.00 PM	2,22	0,09
20/11/2021	1.45.00 PM	2,16	0,06
20/11/2021	2.00.00 PM	2,11	0,05
20/11/2021	2.15.00 PM	2,04	0,07
20/11/2021	2.30.00 PM	1,98	0,06
20/11/2021	2.45.00 PM	1,94	0,04
20/11/2021	3.00.00 PM	1,87	0,07
20/11/2021	3.15.00 PM	1,82	0,05
20/11/2021	3.30.00 PM	1,75	0,07
20/11/2021	3.45.00 PM	1,69	0,06
20/11/2021	4.00.00 PM	1,65	0,04
20/11/2021	4.15.00 PM	1,61	0,04

Date	Time	Tekanan (Bar)	ΔP
20/11/2021	4.30.00 PM	1,52	0,09
20/11/2021	4.45.00 PM	1,48	0,04
20/11/2021	5.00.00 PM	1,44	0,04
20/11/2021	5.15.00 PM	1,39	0,05
20/11/2021	5.30.00 PM	1,34	0,05
20/11/2021	5.45.00 PM	1,29	0,05
20/11/2021	6.00.00 PM	1,23	0,06
20/11/2021	6.15.00 PM	1,19	0,04
20/11/2021	6.30.00 PM	1,15	0,04
20/11/2021	6.45.00 PM	1,11	0,04
20/11/2021	7.00.00 PM	1,05	0,06
20/11/2021	7.15.00 PM	1,01	0,04
20/11/2021	7.30.00 PM	0,98	0,03
20/11/2021	7.45.00 PM	0,94	0,04
20/11/2021	8.00.00 PM	0,89	0,05
20/11/2021	8.15.00 PM	0,86	0,03
20/11/2021	8.30.00 PM	0,82	0,04
20/11/2021	8.45.00 PM	0,78	0,04
20/11/2021	9.00.00 PM	0,73	0,05
20/11/2021	9.15.00 PM	0,71	0,02
20/11/2021	9.30.00 PM	0,67	0,04
20/11/2021	9.45.00 PM	0,65	0,02
20/11/2021	10.00.00 PM	0,61	0,04
20/11/2021	10.15.00 PM	0,57	0,04
20/11/2021	10.30.00 PM	0,53	0,04
20/11/2021	10.45.00 PM	0,51	0,02
20/11/2021	11.00.00 PM	0,48	0,03
20/11/2021	11.15.00 PM	0,46	0,02
20/11/2021	11.30.00 PM	0,42	0,04
20/11/2021	11.45.00 PM	0,39	0,03
21/11/2021	12.00.00 AM	0,36	0,03
21/11/2021	12.15.00 AM	0,33	0,03
21/11/2021	12.30.00 AM	0,3	0,03
21/11/2021	12.45.00 AM	0,29	0,01
21/11/2021	1.00.00 AM	0,25	0,04
21/11/2021	1.15.00 AM	0,22	0,03
21/11/2021	1.30.00 AM	0,19	0,03
21/11/2021	1.45.00 AM	0,17	0,02
21/11/2021	2.00.00 AM	0,15	0,02
21/11/2021	2.15.00 AM	0,12	0,03
21/11/2021	2.30.00 AM	0,11	0,01
21/11/2021	2.45.00 AM	0,08	0,03
21/11/2021	3.00.00 AM	0,06	0,02
21/11/2021	3.15.00 AM	0,04	0,02
21/11/2021	3.30.00 AM	0,01	0,03
21/11/2021	3.45.00 AM	0	0,01
Rata-rata penurunan tekanan:			0,04

Tabel 4 memperlihatkan data perolehan tekanan pada tabung gas secara *real time* setiap 15 menit sekali. Pada pengukuran ketiga, tekanan gas habis selama 14 jam 45 menit yang dilakukan pada tanggal 20 November 2021 pukul 13:00 sampai tanggal 21 November 2021 pukul 03:45 dan didapat

rata-rata penurunan setiap 15 menit sekali sebesar 0,04 bar. Grafik berdasarkan dengan tabel 4.4 bisa dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Grafik hasil ukur tekanan tabung gas ketiga

Gambar 16 menunjukkan grafik penurunan nilai tekanan gas pada tabung gas seperti percobaan kedua yang menggunakan selang dan nepel yang berbeda.

Pada pengukuran pertama, kedua dan ketiga dengan masing-masing pengukuran memakai nepel dan selang yang berbeda, terlihat perbedaan waktu habis dari masing-masing pengukuran seperti dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perbedaan pada setiap pengukuran

	Pengukuran Pertama	Pengukuran Kedua	Pengukuran Ketiga	Rata-rata
Waktu	16 jam 0 menit	15 jam 0 menit	14 jam 45 menit	15 jam 15 menit
Tekanan Tabung Penuh	2,15 bar	2,36 bar	2,36 bar	2,29 bar
Rata-rata penurunan Tekanan (per 15 menit)	0,033594 bar	0,039333 bar	0,04 bar	0,03764 bar
Waktu Pengukuran	Sore – pagi hari	Siang-dini hari	Siang-dini hari	

Tabel 5 menunjukkan perbedaan pada setiap pengukuran. Pengukuran pertama menunjukkan penurunan paling lama dari pengukuran kedua dan ketiga yaitu selama 16 jam 0 menit dengan tekanan tabung penuh sebesar 2,15 bar dan memiliki rata-rata penurunan tekanan setiap 15

menit sekali sebesar 0,033594 bar. Hal itu menunjukkan nepel dan selang pada pengukuran pertama lebih bagus dari keduanya. Pengukuran ketiga menunjukkan penurunan nilai tekanan gas lebih cepat dari pengukuran pertama dan kedua yaitu selama 15 jam 15 menit dengan rata-rata penurunan tekanan setiap 15 menit sekali sebesar 0,04 bar. Penyebabnya karena kebocoran pada nepel dan selang pada pengukuran ketiga lebih besar dari pengukuran pertama dan kedua meskipun data awal menunjukkan nilai tekanan tabung penuhnya lebih tinggi dari pengukuran pertama yaitu sebesar 2,36 bar.

3.3 Pengukuran Pemakaian Daya

Sensor tekanan gas menggunakan tegangan sebesar 5V DC dengan mengeluarkan arus maksimal sebesar 10mA. Maka daya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$V = 5V$$

$$I = 10mA = 0,01 A$$

$$W = V \times I$$

$$= 5 \times 0,01$$

$$= 0,05 \text{ watt}$$

Besar daya yang dipakai dalam satu hari

$$W \times t = 0,05 W \times 24 \text{ jam}$$

$$= 1,2 \text{ Wh atau } 12 \times 10^{-4} \text{ kWh.}$$

Jadi, besar daya yang dipakai dalam satu hari dalam menggunakan sistem monitoring tekanan gas SF6 adalah 12×10^{-4} kWh.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian

- 1) Bentuk fisis perangkat implementasi IOT pada sistem monitoring gas SF6 terdiri atas beberapa sistem yaitu pembuatan sistem mekanik, sistem modul dan perangkat lunak. Pada sistem mekanik, digunakan tabung gas portable sebagai pengganti dari peralatan switchgear yang menggunakan media isolasi gas SF6 yang bertujuan untuk keamanan pada sistem di Gardu Induk 150KV Pelabuhan Ratu. Pada sistem modul, digunakan Arduino Uno R3, sensor tekanan, layar LCD dan protoshield. Dan pada perangkat lunak digunakan aplikasi Blynk pada smartphone dan diperbantukan dengan aplikasi PLX-DX untuk perolehan data.
- 2) Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan tiga kali percobaan menggunakan tiga gas portable dan selang beserta nepel yang berbeda, diperoleh waktu rata-rata penurunan gas portable yaitu 15 jam 15 menit dengan rata

penurunan setiap 15 menit sekali sebesar 0,03764 bar. Penggunaan material pada perangkat sistem monitoring gas sangat berpengaruh pada penurunan tekanan gas. Material yang bagus memungkinkan tekanan gas pada tabung akan lama berkurang yang disebabkan karena tidak adanya kebocoran pada material tersebut.

- 3) Perangkat implementasi IOT pada sistem monitoring gas SF₆ ini dibuat, agar menjadi model untuk membuat sistem monitoring gas SF₆ berbasis IOT untuk setiap kompartemen GIS yang berada di Gardu Induk 150KV Pelabuhan Ratu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yusniati, Y., Nasution, E. S., & Pangestu, R. I. (2019, May). Analisis Kinerja Circuit Breaker pada Sisi 150 kv Gardu Induk Lamhotma. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU* (Vol. 2, No. 1, pp. 77-82).
- [2] Setiono, I. (2017). Gas SF₆ (Sulfur Hexa Fluorida) Sebagai Pemadam Busur Api Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Saluran Transmisi Tegangan Tinggi. *METANA*, 13(1), 1-6.
- [3] C. Cavallaro, S. Musumeci, F. Chimento, dan C. Santonocito. (2007). *CAD investigation of voltage potential and electrical field distribution on 36 kV load break switch*, Proc. Univ. Power Eng. Conf., hal. 879–884.
- [4] X. Zhang, F. Meng, dan B. Yang. (2013). *Use of hydroxyl-modified carbon nanotubes for detecting SF₆ decomposition products under partial discharge in gas insulated switchgear*, IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 20, no. 6, hal. 2246–2253.
- [5] H. J. Ju, B. S. Kim, H. D. Hwang, S. K. Jo, dan K. C. Ko. (2010). *Investigation of simple graded permittivity solid spacer shape by electrode modification on gas insulated switchgear*, Proc. 2010 IEEE Int. Power Modul. High Volt. Conf. IPMHVC 2010, hal. 434–438.
- [6] U. Khayam. (2012). *Locus and pattern of electric field vector in the insulation of three-phase gas insulated switchgear*, 2012 Int. Conf. Power Eng. Renew. Energy, ICPERE 2012, no. July, hal. 3–6.
- [7] Prasetyo, Y., & Murdiya, F. (2018). *Karakteristik Dielektrik Campuran Gas Karbondioksida (CO₂) dengan Nitrogen (N₂) Dibawah Terpaan Medan Tinggi DC Polaritas Negatif* (Doctoral dissertation, Riau University).