



# Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal

e-ISSN: 2621-5586

Volume 4, Nomor 1, Maret 2022

Doi: <https://doi.org/10.36441/seoi.v4i1.752>

## SISTEM MONITORING KONSENTRASI GAS RADON DI AIR TANAH SECARA *REAL -TIME* UNTUK DETEKSI DINI GEMPA BUMI

### *Monitoring System Of Radon Gas Concentration In Groundwater In Real-Time For Earthquake Detection*

Tio Andrian<sup>1\*</sup>, Makhsun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan

<sup>2</sup>Direktorat Pengukuran dan Indikator Riset, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta

\*E-mail Korespondensi: [doseno2592@unpam.ac.id](mailto:doseno2592@unpam.ac.id)

Diterima: 29 Desember 2021

Disetujui: 28 Maret 2022

#### **ABSTRACT**

Several studies that have been carried out can identify signs of an impending earthquake. One example of changes in the concentration of Rn (Radon) in the area affected by an earthquake. The purpose of this study is to design and create a prototype of an earthquake early detection system through real-time measurement of radon gas concentrations in the air where the measurement data results can be uploaded to the internet network and viewed by users in real time through a site. To detect it, a scintillation detector is used, in the design of the detector system the ZnS(Ag) scintillation type will be used. Data analysis was carried out in several ways, stability analysis of the count by measuring  $n$  times at the same concentration of radon gas and counting time, counting efficiency, calibration of counting and detection of limits. The data monitoring system is carried out through the website in real-time. Data is sent using an internet provider with sim900 every minute to 58 every hour. From the tests carried out on tap water continuously in the BATAN market area for 24 hours, it can be seen on the site that the average concentration value of Radon compounds in tap water at that location is 59.91 Bq/M<sub>3</sub> where the total concentration is still below the threshold value. set by the ICRP (International Commission on Radiological Protection) is around 200 Bq/M<sub>3</sub>.

**Keywords:** Arduino UNO; Earthquake; Groundwater; Monitoring System; Rn (Radon); Schintillator ZnS(Ag); sim900;

#### **ABSTRAK**

Beberapa studi yang sudah dilakukan dapat mengidentifikasi tanda-tanda akan terjadinya gempa bumi. Salah satu contoh perubahan konsentrasi Rn (Radon) di daerah yang terkena gempa bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem prototype deteksi dini gempa bumi melalui pengukuran konsentrasi gas radon di air tanah secara real-time dimana data hasil pengukuran diunggah ke jaringan internet serta dapat dilihat oleh pengguna secara real time melalui sebuah situs. Untuk mendeteksinya digunakan detektor sintilasi, dalam perancangan sistem ini detektor yang akan digunakan adalah jenis sintilasi ZnS(Ag). Analisis data

*How to cite this article:*

Andrian, T, Makhsun,. (2022). Sistem Monitoring Konsentrasi Gas Radon Di Air Tanah Secara *Real -Time* Untuk Deteksi Dini Gempa Bumi. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, 4(1), 1-13. Doi: <https://doi.org/10.36441/seoi.v4i1.752>

dilakukan dengan beberapa cara, menganalisis kestabilan pencacahan dengan cara melakukan pengukuran sebanyak  $n$  kali pada konsentrasi gas radon dan waktu cacah yang sama, efisiensi pencacahan, kalibrasi pencacahan dan limit deteksi. Sistem monitoring data dilakukan melalui website secara real-time. Data dikirim dengan menggunakan internet provider dengan sim900 setiap menit ke 58 setiap jam. Dari pengujian yang dilakukan terhadap air kran yang dialirkan terus menerus di daerah BATAN pasar jum'at selama 24 jam, terlihat pada situs yang menunjukkan nilai konsentrasi rata-rata senyawa Radon di air kran pada lokasi tersebut sebesar  $59.91 \text{ Bq/M}^3$  dimana jumlah konsentrasi masih dibawah nilai ambang batas yang ditetapkan oleh ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) yaitu sekitar  $200 \text{ Bq/M}^3$ .

**Kata kunci:** Air tanah; Arduino UNO; Gempa Bumi; sim900; Sintilator ZnS(Ag); Sistem Monitoring; Rn(Radon)

## PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan kejadian bencana alam yang tidak dapat dicegah dan dapat mengakibatkan kerusakan juga kerugian yang sangat besar, bahkan dapat juga mengakibatkan adanya korban jiwa. Paling kurang ada 17 kali gempa bumi dalam kurun waktu 100 tahun (1906 – 2011) telah terjadi dengan kekuatan 8,5 skala richter atau lebih Wikipedia. (2017). Sedangkan untuk gempa-gempa dengan skala yang lebih kecil juga terjadi ratusan kali dalam periode tersebut yang juga mengakibatkan kerusakan bangunan dan korban jiwa. Beberapa tahun belakangan ini telah terjadi gempa bumi di dekat Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 dengan kekuatan 9,3 skala richter yang telah mengakibatkan Tsunami yang sangat besar dengan korban jiwa lebih dari 150.000 jiwa, disertai ribuan rumah dan gedung hancur. Setelah itu gempa dengan skala lebih kecil terjadi silih berganti. Gempa dangkal 5,9 skala richter berpusat sekitar 25 km selatan-barat Yogyakarta dan sekitarnya pada tanggal 27 Mei 2006 dengan korban tewas lebih dari 6200 orang Wikipedia. (2006). Lebih baru yang terjadi pada 14 Desember 2021 pukul 11.20 WITA di Laut Flores, Nusa Tenggara Timur. Gempa ini sempat memicu peringatan dini tsunami untuk wilayah pesisir sekitar Laut Flores dengan magnitudo 7.4 skala richter. Berdasarkan lokasi dan kedalaman hiposenter, maka gempa bumi ini merupakan jenis gempa bumi dangkal akibat adanya aktivitas sesar/patahan aktif di Laut Flores. Wikipedia. (2021).

Penelitian mengenai deteksi dini gempa bumi menjadi sesuatu yang sangat penting. Beberapa studi yang sudah dilakukan dapat mengidentifikasi tanda-tanda akan terjadinya gempa bumi. Misalnya, kebiasaan abnormal dari hewan/binatang, perubahan konsentrasi ion didalam air, variasi konsentrasi He (helium), Ne (Neon), Ar (Argon), Rn (Radon) dan N<sub>2</sub> (Nitrogen) di daerah yang terkena gempa bumi, perubahan level air di beberapa sumur, deformasi tanah, stress build-up didalam batuan, terjadinya gempa pendahuluan skala kecil yang sering terjadi sebelum gempa besar, dan lain-lain. Radon dianggap yang paling cocok untuk mempelajari gejala-gejala awal (prekursor) gempa dibanding gas-gas lainnya karena mudah terdeteksi. Upaya-upaya untuk memperbaiki pemantauan dan analisis data radon terus dilakukan, demikian juga dengan metodologi serta pemodelan matematis terus berkembang untuk memperkuat kaitan anomali gas radon dengan proses geodinamika Nurrahim *et al.* (2021).

Berbagai prosedur mulai diaplikasikan untuk mengamati anomali gas radon yang berkaitan dengan kejadian gempa. Silva *et al.* (2013). Hasil penelitian menunjukkan time series radon terdiri atas beberapa fitur nonlinier, seperti struktur fraktal yang mungkin berasal dari berbagai gangguan yang disebabkan oleh gangguan fisika-kimia akibat proses persiapan gempa (Barman *et al.* (2014). Untuk mendeteksinya dapat digunakan detektor sawar muka, detektor bias junction, detektor jejak nuklir, detektor sintilasi dan lain-lain. Dalam perancangan sistem ini detektor yang akan digunakan adalah jenis sintilasi ZnS(Ag).

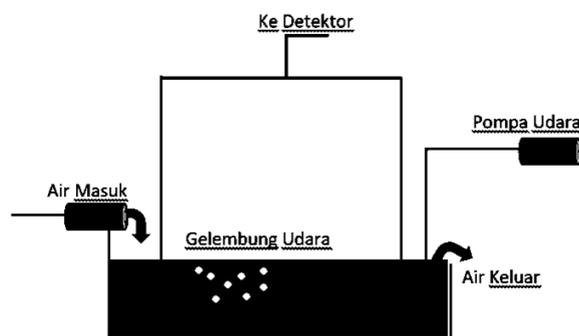
Kristal ZnS(Ag) dapat digunakan untuk mengukur radiasi alpha yang merupakan hasil dari peluruhan Radon.

Penelitian ini dilakukan untuk membuat deteksi dini gempa bumi melalui pengukuran gas radon di dalam tanah secara realtime. Sasaran dari penelitian ini adalah terciptanya prototype sistem pengukuran gas radon di dalam air tanah yang sudah dikalibrasi, dimana data hasil pengukuran diunggah ke jaringan internet serta dapat dilihat oleh pengguna secara real time melalui sebuah website. Sehingga pihak yang berwenang dapat menginformasikannya kepada masyarakat.

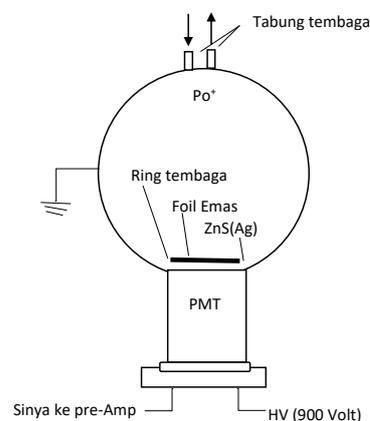
## METODE

### 1. Metode Pengambilan Sampel dan Metode Analisis

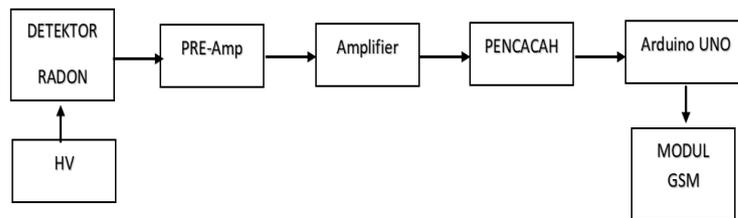
Metodologi Perancangan dan pembuatan sistem ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari sistem pompa air, sistem penggelembung udara dan sistem pencacah konsentrasi gas radon. Sistem pencacah terdiri dari ruang sitilator, PMT, sumber tegangan tinggi, pre-amplifier, amplifier, counter, dan sistem pengunggah data dengan GSM Shield. Rancangan ini dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Rancangan alat sampling air tanah dan penggelembung udara



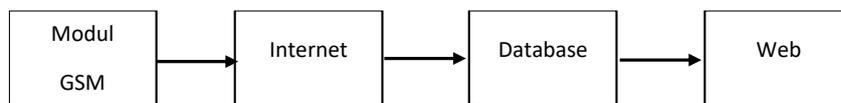
Gambar 2. Rancangan Ruang Sitilasi dan detector



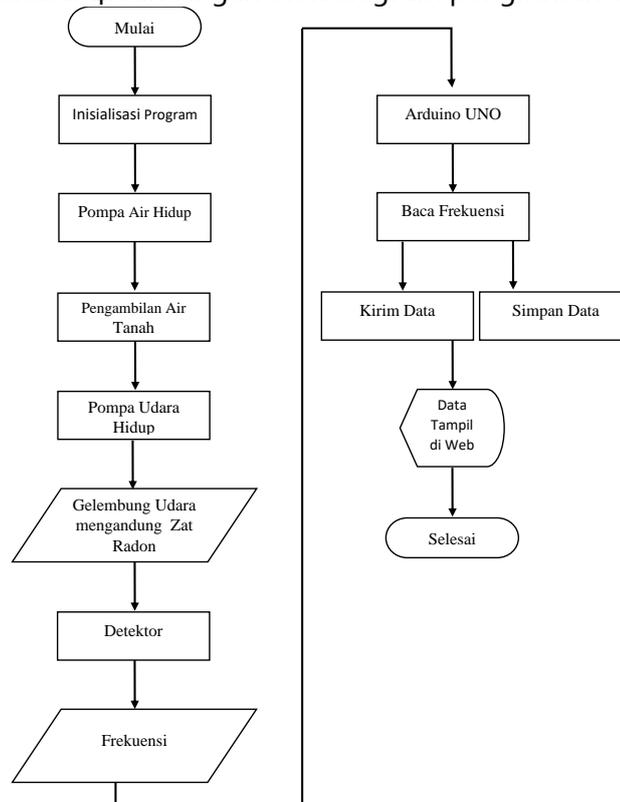
Gambar 3. Rancangan Blog diagram pencacah konsentrasi gas radon

Perangkat lunak sistem ini bekerja pada dua bagian, yaitu pada mikrokontroler dan perangkat lunak situs web. Perangkat lunak pada mikrokontroler difungsikan untuk menghidupkan pompa setiap satu jam, menghidupkan pompa penggelembung udara, mencacah gas radon dan mengunggah data menuju situs web setiap satu jam. Pada bagian perangkat lunak situs web bertugas menyediakan alamat sebagai tujuan pengunggahan data serta menyediakan ruang data base berupa kolom dan baris untuk menyimpan data yang dikirim oleh mikrokontroler setiap satu jam.

Agar proses pemrograman lebih terarah dan tidak menyimpang maka dapat dibuat flowchart. Flowchart sistem alat ini dapat dilihat pada gambar 4. Dapat dilihat pula pada gambar 5 akan menunjukkan rancangan blok diagram sistem penampil data pada web yang sudah dibuat.



Gambar 4. rancangan blok diagram pengiriman data



Gambar 5. Flowchart

Metode ini dilakukan dengan metode Radon Pasiv menggunakan detektor ZnS(ag), sampel yang digunakan adalah air tanah, yang diperoleh dengan menaikan air tanah tersebut

dari kedalaman tertentu menggunakan pompa air. Pompa dihidupkan setiap satu jam sebanyak tiga kali volume wadah agar dapat mengganti keseluruhan air yang sebelumnya. Setelah pompa mati, air tanah tersebut kemudian digelembungkan agar pelepasan gas radon yang terdapat didalam air tanah lebih besar.

Analisis data dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya menganalisis kestabilan pencacahan, efisiensi pencacahan, kalibrasi pencacahan dan limit deteksi. Analisis kestabilan pencacahan digunakan untuk mengetahui nilai simpangan pengukuran alat. Alat cacah diuji dengan cara melakukan pengukuran sebanyak n kali pada konsentrasi gas radon dan waktu cacah yang sama. Setiap data hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan rata-ratanya.

Teknik yang akan digunakan untuk mengkalibrasi alat yang dibuat adalah dengan menggunakan sebuah sumber yang sama dan dibandingkan dengan alat yang lain yang sudah tersertifikasi yaitu Rad-7 (alat cacah radon) yang dimiliki oleh BATAN. Pengujian akan dilakukan beberapa kali untuk hasil yang lebih baik. Lalu akan dicari persamaan yang tepat untuk mengkalibrasi alat agar sesuai dengan Rad-7 pada hasil perhitungan.

Limit deteksi adalah suatu batas nilai yang digunakan untuk menentukan apakah zat radioaktif "terdeteksi" ada di dalam sampel yang diukur atau memang tidak terdeteksi. Teknik analisis limit deteksi pada alat yang dibuat adalah dengan menyalakan alat tanpa diberikan sumber zat radon ataupun yang lainnya, alat dihidupkan selama t menit dan selalu menghitung konsentrasi yang ada didalamnya jika terdeteksi dan menampilkannya pada serial monitor pada akhir. Nilai limit deteksi ditentukan sebesar simpangan pengukuran latar belakang dengan tingkat kepercayaan 3 sigma.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Kestabilan Pencacah

Bagian pengujian dilakukan dengan membaca data background yang diuji sebanyak 3 (tiga) kali, dimana setiap dilakukan selama 1 jam. Hasil baca dimasukkan kedalam persamaan 1 dan dilanjutkan dengan persamaan 2. Untuk mencari nilai simpangan. Hasil nilai simpangan dapat dilihat pada tabel 1.

$$C_R = \frac{C_1+C_2+\dots+C_n}{n} \quad (1)$$

$$S = \frac{S_1+S_2+\dots+S_n}{n} \quad (2)$$

Tabel 1. Hasil Pencacahan Selama 60 Menit (3600 detik)

No	Pencacahan	Cacah	CPS	Simpangan (Sn)
1	C1	127	0.03	0.003
2	C2	97	0.03	0.03
3	C3	125	0.03	0.03
C rata-rata = 0.03			S rata-rata = 0.043%	

Dari hasil uji tersebut dapat diketahui simpangan alat ini sebesar 0.043% dengan Cacah rata-rata sebesar 0.03.

### Hasil Uji Kalibrasi

Pengujian dilakukan dengan membaca data dari Durrige.co yaitu batuan alam dengan jenis granit gravel yang dibandingkan dengan alat uji radon yaitu Rad7. Uji dilakukan sebanyak 5 (lima) kali, Hasil baca Rad7 dan hasil baca alat dimasukkan kedalam persamaan 3. untuk mendapatkan nilai kalibrasi yang nantinya akan dimasukkan kedalam program Arduino sebagai nilai kalibrasi. Hasil nilai dari kalibrasi yang dapat dilihat pada tabel 2.

$$E = \frac{C_s - C_b}{A_s} \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 2. Tabel Perhitungan Kalibrasi

No	t (detik)	Cacah	CPS	Bacaan Aktifitas Rad7 (Bq/M <sub>3</sub> )	Kalibrasi
1	1800	2675	1.49	856	0.0017
2	600	891	1.49	903	0.0016
3	600	956	1.59	886	0.0018
4	600	942	1.57	886	0.0018
5	600	956	1.59	1130	0.0015
					Kalibrasi = 0.0017

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai Efisiensi kalibrasi sebesar 0.0017. Nilai ini merupakan nilai efisiensi dari gas Radon.

### Hasil Uji Limit Deteksi

Pengujian dilakukan dengan membaca data background yang diuji sebanyak 3 (tiga) kali, dimana setiap dilakukan selama 1 jam. Hasil baca dimasukkan kedalam persamaan 4. Untuk mencari nilai limit deteksi menggunakan tabel 3.

$$LLD = 3 \sqrt{\frac{C_b}{t}} \quad (4)$$

Tabel 3. Data Cacah latar dibagi waktu cacah

No	Pencacahan	T	Cacah	CPS
1	C1	3600	127	0.03
2	C2	3600	97	0.03
3	C3	3600	125	0.03
				C rata-rata = 0.03

Dari tabel tersebut dimasukkan kedalam persamaan 4, maka didapatkan nilai seperti pada persamaan 5. Sedangkan untuk limit deteksi radon menggunakan persamaan 6.

$$LLD = 3\sqrt{0.032} = 0.54 \quad (5)$$

$$LLD \text{ Radon} = \frac{LLD}{E} \quad (6)$$

Maka didapatkan nilai seperti pada persamaan 7 dibawah ini:

$$LLD \text{ Radon} = \frac{0.54}{0.0017} = 316 \text{ Bq/M3} \quad (7)$$

### Hasil Uji Sampel

Pengujian sampel dilakukan dengan membaca data dari Durridge dengan jenis batuan alam granit gravel. Uji dilakukan sebanyak 3 (lima) kali dengan waktu selama 10 menit (600 detik), Hasil baca dimasukkan kedalam persamaan 4.4. untuk mendapatkan nilai aktifitas Radon yang nantinya nilai ini yang akan dikirimkan ke *Website* cekradon.com sebagai nilai Aktifitas. Hasil nilai aktifitas dapat dilihat pada tabel 4.

$$A = \frac{C}{(t \times E)} \quad (8)$$

Tabel 4. Tabel sampel dari sumber batu alam durridge granit gravel

No	Cacahan	t (detik)	CPS	Efisiensi Kalibrasi	Aktifitas
1	422	600	0.7	0.0017	413.73
2	417	600	0.69		408.82
3	420	600	0.7		411.76

### Hasil Uji Keseluruhan

Uji keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berajalan dengan dalam dengan rentang waktu yang cukup lama. Pengujian ini dilakukan selama 24 jam dengan menguji seluruh sistem dan alat secara menyeluruh, mulai dari menghidupkan pompa air untuk terus mengalirkan air selama 24 jam, pompa udara, mencacah, menyimpan data, mengirim data menuju website cekradon.com dan menampilkan nya. Siklus ini berajalan selama 17 menit dalam setiap jam, dimulai pada jam 03.41 dan data dikirim setiap jam nya pada menit ke 58.

Dari pengujian yang dilakukan terhadap air kran yang dialirkan terus menerus selama 24 jam, hasil seperti yang terlihat pada *website* cekradon.com pada gambar 6 sampai gambar 8.

The screenshot shows a mobile application interface with a dark theme. At the top, there is a navigation bar with a back arrow, a search icon, and a refresh icon. Below the navigation bar, the text "List Data" is visible. The main content area displays a table with the following data:

#	Konsentrasi	Tanggal
41	63.0000	23-10-2018 - 03:00:26
42	55.0000	23-10-2018 - 04:00:26
43	66.0000	23-10-2018 - 05:00:26
44	52.0000	23-10-2018 - 06:00:26
45	55.0000	23-10-2018 - 07:00:25
46	61.0000	23-10-2018 - 08:00:26
47	56.0000	23-10-2018 - 09:00:24
48	43.0000	23-10-2018 - 10:00:26
49	62.0000	23-10-2018 - 11:00:26
50	65.0000	23-10-2018 - 12:00:26

Below the table, there is a pagination bar with the text "Showing 41 to 50 of 64 entries" and a set of navigation buttons: "Previous", "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "Next". The number "5" is highlighted in a box. At the bottom right, there are icons for zooming and a "100%" zoom level indicator.

Gambar 6. tampilan data pengujian selama 24 jam

The screenshot shows a mobile application interface with a dark theme. At the top, there is a navigation bar with a back arrow, a search icon, and a refresh icon. Below the navigation bar, the text "List Data" is visible. The main content area displays a table with the following data:

#	Konsentrasi	Tanggal
51	72.0000	23-10-2018 - 13:00:26
52	59.0000	23-10-2018 - 14:00:26
53	63.0000	23-10-2018 - 16:00:25
54	59.0000	23-10-2018 - 17:00:25
55	66.0000	23-10-2018 - 18:00:26
56	71.0000	23-10-2018 - 19:00:24
57	63.0000	23-10-2018 - 20:00:26
58	58.0000	23-10-2018 - 21:00:26
59	68.0000	23-10-2018 - 22:00:26
60	56.0000	23-10-2018 - 23:00:26

Below the table, there is a pagination bar with the text "Showing 51 to 60 of 64 entries" and a set of navigation buttons: "Previous", "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "Next". The number "6" is highlighted in a box. At the bottom right, there are icons for zooming and a "100%" zoom level indicator.

Gambar 7. tampilan data pengujian selama 24 jam

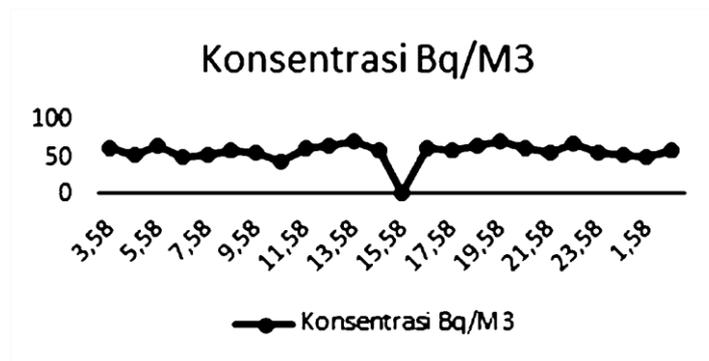
The screenshot shows a mobile application interface with a dark theme. At the top, there is a navigation bar with a back arrow, a search icon, and a refresh icon. Below the navigation bar, the text "List Data" is visible. The main content area displays a table with the following data:

#	Konsentrasi	Tanggal
61	55.0000	24-10-2018 - 00:00:26
62	50.0000	24-10-2018 - 01:00:26
63	60.0000	24-10-2018 - 02:00:26
64	57.0000	24-10-2018 - 03:00:26

Below the table, there is a pagination bar with the text "Showing 61 to 64 of 64 entries" and a set of navigation buttons: "Previous", "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "Next". The number "7" is highlighted in a box. At the bottom right, there are icons for zooming and a "100%" zoom level indicator.

Gambar 8. tampilan data pengujian selama 24 jam

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5. dan gambar 9 yaitu tabel serta grafik hasil pengukuran konsentrasi radon di air kran selama 24 jam.



Gambar 9. Grafik hasil pengukuran selama 24 jam

Tabel 5. Hasil pengukuran konsentrasi gas radon di air kran yang mengalir selama 24 jam

No	Konsentrasi Bq/M <sup>3</sup>	Waktu
1	63	03.58
2	55	04.58
3	66	05.58
4	52	06.58
5	55	07.58
6	61	08.58
7	56	09.58
8	43	10.58
9	62	11.58
10	65	12.58
11	72	13.58
12	59	14.58
13	-	15.58
14	63	16.58
15	59	17.58
16	66	18.58
17	71	19.58
18	63	20.58
19	58	21.58
20	68	22.58
21	56	23.58
22	55	00.58
23	50	01.58
24	60	02.58
Konsentrasi rata-rata = 59.91		

Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan yang sesuai, dilanjutkan dengan melakukan uji terhadap alat dan sistem. Semua uji yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa hasil yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa baik alat dan sistem yang telah dibuat. Pengujian dimulai dari uji kestabilan pencacahan, yang ditujukan untuk

mengetahui seberapa stabil alat yang dibuat apabila dijalankan dalam waktu yang cukup lama dan tetap stabil. Hasil dari pengujian didapatkan sangat baik dimana nilai simpangan yang di peroleh dari uji kestabilan pencacahan yang dilakukan selama 1(satu) jam atau 3600 detik terhadap *background* tersebut cukup kecil, yaitu 0.043%, Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengujian untuk mengetahui nilai limit deteksi juga dilakukan, pengujian ini mendapatkan hasil LLD 0,54, limit deteksi dihitung dengan melakukan uji terhadap alat selama 3600 detik. Hasil yang didapat dimasukan kedalam persamaan 3.x untuk mendapatkan nilai LLD. Sedangkan untuk nilai LLD Radon nya dihitung dengan nilai LLD yang didapat dibagi dengan nilai kalibrasi, maka didapatkan LLD Radon sebesar 316 Bq/M<sup>3</sup>. Nilai LLD merupakan kemampuan alat untuk mendeteksi konsentrasi terendah yang bisa diukur oleh alat.

Pengujian juga dilakukan untuk mendapatkan nilai kalibrasi, dilakukan dengan dilakukan dengan membaca data dari DurrIDGE.co yaitu batuan alam dengan jenis granit gravel yang dibandingkan dengan alat uji radon standar yaitu Rad7. Uji dilakukan sebanyak 5 (lima) kali. Hasil yang diperoleh dari pengujian alat yang dibuat dan hasil dari bacaan Rad7 lalu dimasukan kedalam persamaan 3.x, maka didapatkan nilai kalibrasi sebesar 0.0017. Hasil yang diperoleh dijadikan nilai kalibrasi untuk alat yang telah dibuat dengan memasukan nilai kedalam program pencacahan Arduino untuk dijadikan nilai kalibrasi yang dikalikan dengan waktu pencacahan dimana pada alat ini waktu pencacah dilakukan selama 600 detik. uji sampel untuk menguji apakah sistem pencacahan berjalan dengan benar. Uji sampel dilakukan membaca data dari DurrIDGE dengan jenis batuan alam granit gravel. Uji dilakukan sebanyak 3 (lima) kali dengan waktu selama 10 menit (600 detik), hasil yang diperoleh dikalibrasi lalu dikirimkan ke *Website* untuk ditampilkan. Pengujian sampel bisa dilakukan dengan baik, seluruh data dapat tampil di web tanpa kendala dengan nilai sesuai dengan pembacaan pada serial monitor pada Arduino sebagai pembanding tampilan.

Uji terakhir yang dilakukan adalah pengujian sistem secara menyeluruh dimulai dari menghidupkan pompa air, pompa udara, pencacahan hingga pengiriman hasil cacahan yang berupa konsentrasi gas radon di air kran yang terus mengalir, pengujian ini dilakukan selama 24 jam. Uji dilakukan mulai pukul 03.00 waktu GMT atau 10.00 WIB dengan waktu hidup pompa air pada menit 41 dan dimatikan pada menit 46 bersamaan dengan matinya pompa air pompa udara hidup untuk meniupkan air yang akan di cacah menuju detektor, selanjutnya uap air dikeringkan terlebih dahulu pada batuan silica dan diteruskan menuju PMT (*Photo Multi Tube*) lalu di cacah pada menit ke 47 hingga 57, proses terakhir pengiriman data menuju *website* dan penyimpanan data pada kartu memori.

Data yang tercatat sejumlah 23 data, dengan nilai konsentrasi terendah 43 Bq/M<sup>3</sup> yang terbaca pada pukul 10.58 GMT 17.58 WIB atau dan konsentrasi tertinggi adalah 72 Bq/M<sup>3</sup> 13.58 GMT atau 20.58 WIB. Seharusnya ada 24 data yang tercatat, namun dikarenakan kondisi saat pengujian terjadi hujan deras dan terjadi pemadaman maka data pada pukul 15.58 GMT atau 22.58 WIB tidak tercatat.

Hasil konsentrasi rata-rata hasil pengujian di air kran yang dilakukan di daerah BATAN Pasar Jumat selama 24 jam menunjukkan sebesar 59.91 Bq/M<sup>3</sup>. Hasil ini diperoleh dengan menggunakan persamaan 9.

$$\text{Rata - rata Konsentrasi} = \frac{\text{Total Konsentrasi}}{23} \quad (9)$$

Dari pengujian yang dilakukan secara menyeluruh terhadap air kran yang dialirkan terus menerus selama 24 jam dapat diketahui sistem serta alat sudah dapat berjalan dimulai dari sistem pompa udara, mencacah, menyimpan data, mengirim data menuju website cekradon.com dan menampilkan nya. Siklus ini berjalan selama 17 menit dalam setiap jam, dimulai pada jam 03.41 dan data dikirim setiap jam nya pada menit ke 58. Didapatkan kandungan konsentrasi Radon pada air kran sebesar 59.91 Bq/M<sup>3</sup> dimana jumlah konsentrasi masih dibawah nilai ambang batas yang ditetapkan oleh ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) yaitu sekitar 200 Bq/M<sup>3</sup>. Kandungan radon yang terdapat pada air juga bergantung pada karakteristik batuan yang dilewati oleh air tersebut. Konsentrasi sebagai deteksi dini gempa bumi harus dilakukan pengujian waktu yang panjang di daerah yang memang rawan patahan lempeng. Diketahui dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Jae Wook Kim *et al.* (2018). konsentrasi radon di air akan meningkat H-3 sampai H-6 sebelum terjadinya gempa.

## KESIMPULAN

Pembahasan pada bab sebelumnya menunjukkan protipe alat deteksi Radon pada air tanah sudah dapat berjalan mengirim data. Data konsentrasi gas radon di air dikirim dengan menggunakan jaringan internet oleh simgoo menggunakan provider Telkomsel disetiap menit ke 58 setiap jam. Secara keseluruhan prototipe alat dan sistem deteksi sudah bisa berjalan dengan baik dan dapat digunakan hal ini dapat dinilai dari keberhasilan pengiriman data selama uji coba hanya terdapat satu waktu dimana data tak terkirim, tetapi untuk menjadikan alat dan sistem sebagai pendeteksi dini gempa bumi diperlukan lokasi yang tepat sebagai tempat peletakan alat serta waktu yang cukup. Sesuai beberapa penelitian sebelumnya konsentrasi gas radon akan meningkat H-3 sampai H-6 sebelum terjadinya gempa.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya terhadap Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang telah memberikan fasilitas dan peralatan dalam perancangan dan pembuatan sistem pamantau gas radon dalam air tanah secara realtime sebagai deteksi dini gempa bumi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barman, C., Chaudhuri, H., Ghose, D., Deb, A., Sinha, B. (2014). Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of Seismic Induced Radon-222 Time Series. *Journal of Earthquake Science and Engineering*, 1, h. 59 - 79.
- [2] Chetiaa, T., Baruah, S., Baruah, S., Deya, C., & Sharma, S. (2020). *Weibull distribution analysis of precursory time due apparent resistivity anomaly prior to earthquakes in the*

- vicinity of multi-parametric geophysical observatory, Tezpur, India. Geomatics, Natural Hazard and Risk. Vol. 11, No. 1, 1093–1114.*
- [3] Fu, C.C., Yang, T.T., Tsai, M.C., Lee, L.C., Liu, T.K., Walia, V., Chen, C.H., Chang, W.Y., Kumar, A., Lai, T.H., (2017). *Exploring the relationship between soil degassing and seismic activity by continuous radon monitoring in the Longitudinal Valley of eastern Taiwan. Chemical Geology, in press, dx. Doi : org/10.1016/j.chemgeo.2016.12.042.*
- [4] Friedmann H. (1985). *Anomalies in the radon content of spring water as earthquake precursor phenomena. Earthquake Predict. Res., 3, 179-189.*
- [5] Ginting, T., Hari, B. (2004). *Konsentrasi gas Radon di permukaan tanah di daerah PPTN Serpon dan Puspitek. Buletin Limbah Vol 8 No. 2.*
- [6] Bakti h., Lubis, Rachmat Fajar., Delinom, Robert., Naily, Wilda., (2012). Identifikasi Keluaran Airtanah Lepas Pantai (KALP) di Pesisir Aluvial Pantai Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi (JLBG). Penerbit Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 3(2), Hal 133-149*
- [7] Igarashi, G, &Wakita, H. (1990). *Groundwater Radon Anomalies Associated With Earthquakes. Tectonophysics, 180:2–4.*
- [8] Inceoz, M., Baykara, O., Aksoy, E., Dogru, M. (2006). *Measurements of soil gas radon in active fault systems: a case study along the North and East Anatolian fault systems in Turkey. Radiation Measurements 41 (3), 349– 353.*
- [9] Jaishi, H. P., S. Singh, R. P. Tiwari, and R. C. Tiwari, (2014). *Temporal variation of soil radon and thoron concentrations in Mizoram (India), associated with earthquakes. Nat. Hazards, 72, 443-454, doi: 10.1007/s11069-0131020-4.*
- [10] Mittal, S., Asha, R., Rohit, M., (2016). Estimation of Radon Concentration in Soil and Groundwater Samples of Northern Rajasthan, India, *J. of Radiation Research and Applied Sciences, Vol. 9, No.2, 125-130.*
- [11] Nurrahim, I. (2021). *Analisis Fenomena Transport Gas Radon-222 Pada Lapisan Bumi di Kawasan Sumur Pantau Prekursor Gempa Daerah Piyungan, Bantul, Universitas Gajah Mada.*
- [12] Prayogo, A. S., Ngadmanto, D., Rohadi, S., Sakya, A. E. (2017). *The Utilization Potential of Radon as Earthquake Precursor in Indonesia. Proceeding of The7th Annual Basic Science International Conference, 203-206.*
- [13] Satria, D., Yana, S., Munadi, R., & Syahreza, S. (2017). *Sistem Peringatan Dini Banjir Secara Real-Time Berbasis Web Menggunakan Arduino dan Ethernet, 1(1), 255-260.*
- [14] Silva, H.G., Bezzeghoud, M., Oliveira, M.M., Reis, A.H., dan Rosa, R.N., (2013). *A simple statistical procedure for the analysis of radon anomalies associated with seismic activity. Annals of Geophysics, 56, 1.*
- [15] Sunardi, B. (2016). Variasi gas Radon dan aktivitas kegempaan di sekitar patahan Opak. *Jurnal lingkungan dan bencana geologi, Pusat Sains Antariksa, Lembaga Penerbangan Nasional (LAPAN).*
- [16] Suntoko, H., Hamzah, I. (2002). Uji coba pengukuran gas Radon untuk aktivitas patahan di daerah Rahtawu- Pati. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, BATAN.*
- [17] Tomer, A., 2016. Radon as a Earthquake Precursor: A Review. *International Journal of Science, Engineering and Technology, 4, 6, h.815 - 822.*

- [18] Wibowo, N. B., Sembri, J. N., (2017). Analisis Seismisitas dan Energi Gempa Bumi di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo Yogyakarta, *Jurnal Sains Dasar*, Vol. 6, no. 2, pp 109–115.
- [19] Yufita, E., Rini, S., (2013). Identifikasi Kandungan Radon (Rn-222) Pada Bahan Bangunan Batu Bala di Kawasan Aceh Besar, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, Vol, 01, No, 02, 207 – 214