

SISTEM DETEKSI MONITOR LINGKUNGAN

Leli Yuniarsari, Istofa, Sukandar
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) – BATAN
Email : lely@batan.go.id

ABSTRAK

SISTEM DETEKSI MONITOR LINGKUNGAN adalah bagian dari perangkat pemantau radioaktifitas lingkungan instalasi nuklir, yang berfungsi untuk memantau radiasi di lingkungan instalasi nuklir. Perangkat ini terdiri dari sistem deteksi radiasi gamma dan sistem deteksi cuaca, (meliputi arah angin, kecepatan angin serta curah hujan). Keluaran dari perangkat ini akan diolah oleh pengolah data Arduino Uno menjadi data dengan standar tertentu kemudian ditampilkan dalam sebuah situs. Sistem deteksi radiasi untuk mendeteksi radiasi gamma menggunakan detektor NaI(Tl) dan GM yang digunakan untuk mengubah radiasi yang datang menjadi sinyal listrik yang diperkuat oleh preamplifier dan amplifier untuk selanjutnya diubah menjadi pulsa kotak. Sistem deteksi cuaca, prinsip kerjanya menggunakan sistem saklar. Angin yang datang dengan kecepatan tertentu akan menutup saklar dan menghasilkan tegangan atau pulsa yang dapat diukur atau dihitung. Nilai inilah yang akan diinterpretasikan menjadi arah angin dan kecepatan angin. Demikian juga halnya dengan curah hujan, banyaknya air dalam jumlah tertentu dapat menutup saklar yang berarti ada satu pulsa yang datang. Hasil pengujian untuk sistem deteksi radiasi, keluaran yang dihasilkan berupa pulsa kotak sebesar 4 volt dengan menggunakan detektor NaI(Tl) dan 4,4 volt untuk detektor GM. Untuk sistem deteksi cuaca, pada dasarnya sudah bisa mendeteksi arah angin, kecepatan angin dan curah hujan hanya saja untuk mengetahui keakuratannya diperlukan penelitian lebih lanjut dan hasilnya dibandingkan dengan alat-alat standar yang tersedia di BMKG.

Kata kunci: sistem deteksi radiasi, deteksi cuaca

ABSTRACT

AN ENVIRONMENTAL MONITORING DETECTION SYSTEM, is part of radiation detection of the nuclear facilities engineering activities within nuclear facilities. The system comprised of gamma-ray radiation detector and weather detection which includes anemometer to detect the wind direction and speed, as well as rain gauge to measure the rainfall in a period of time. Data acquisition of the output is processed by Arduino Uno system which transformed the data into a particular standard and then displayed online in the website. The radiation detection system uses gamma-ray detector of NaI(Tl) and GM which convert the radiation detected into electric pulse to be fed into a pre-amp and amplifier and modified into square pulse. The weather detection system on the other hand works based on switch principle. For example, the wind with a certain speed could turn on a switch in the system and produce a voltage or pulse which can be measured. This value will then be interpreted as the wind direction and speed. Likewise for the rainfall gauge, the volume of water entering the bucket will turn the switch on, at the same time producing 1 pulse. The result of the experiment shows that for radiation detection system the output is a square pulse 4 volts by using detector NaI(Tl) and 4.4 volts by using detector GM. For weather detection system, basically was able to detect the wind direction, wind speed and rainfall just to find out further research is needed accuracy and the results compared with the standard tools available in BMKG.

Keywords: radiation detector, weather detection

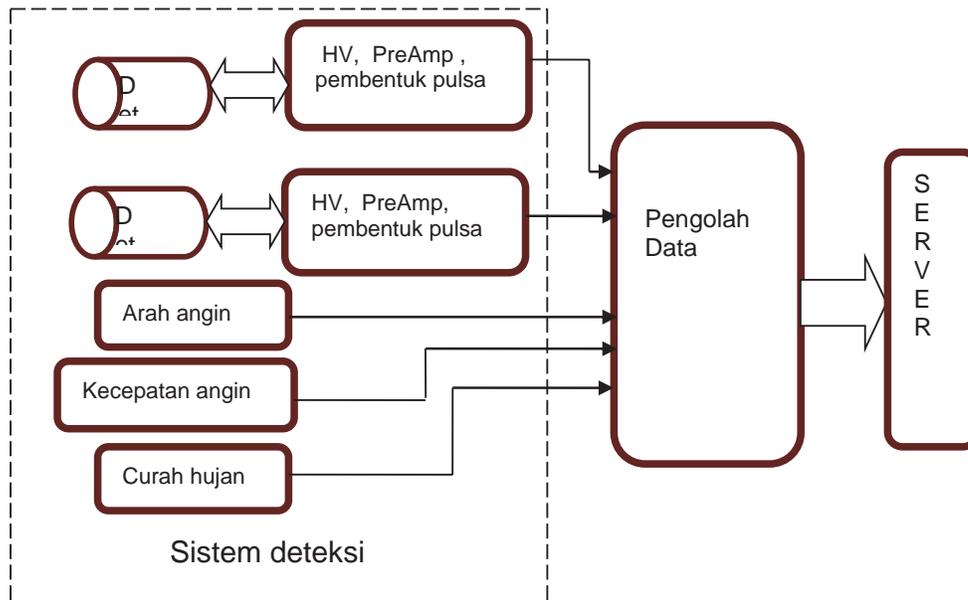
1. PENDAHULUAN

Kegiatan monitor lingkungan, terutama monitoring radiasi di lingkungan sekitar fasilitas nuklir sangatlah mutlak diperlukan, karena di instalasi nuklir yang terdiri dari reaktor nuklir beserta fasilitas pendukungnya, semuanya mempunyai potensi untuk mengakibatkan kontaminasi atau pencemaran terhadap lingkungan apabila tidak dikendalikan dengan baik. Sehubungan dengan hal tersebut maka setiap pengoperasian reaktor nuklir diwajibkan untuk melakukan pemantauan keselamatan radiasi dan radioaktivitas lingkungan sebagai salah satu upaya untuk mendeteksi secara dini.

Pemantauan bertujuan untuk memantau tingkat radiasi yang keluar tidak melebihi batas yang ditentukan. ^[1]

Perangkat pemantau radioaktifitas lingkungan adalah salah satu perangkat yang digunakan untuk memantau adanya radiasi gamma dan memantau parameter cuaca seperti arah angin, kecepatan angin, curah hujan, suhu udara dan kelembaban .

Blok diagram sistem perangkat pemantau radioaktifitas lingkungan seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem Pemantau Radioaktifitas Lingkungan

Dari gambar 1 dapat terlihat bahwa perangkat pemantau radioaktifitas lingkungan ini terdiri dari sistem deteksi, pengolah data, dan server, sistem deteksi memberikan sinyal data untuk diolah oleh pengolah data, kemudian data yang diperoleh tersebut diolah menjadi data dengan standar tertentu. Data yang sudah dibuat standar dapat langsung dikirim ke server melalui jaringan TCP/IP. Hasil pemantauan ditampilkan secara *on line* dalam web sehingga bisa dipantau melalui jaringan internet.

Pada makalah ini yang akan dibahas adalah pengujian sistem deteksinya yang meliputi sistem deteksi radiasi gamma dan sistem deteksi cuaca untuk arah angin, kecepatan angin dan curah hujan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem deteksi monitor ini sudah berfungsi sesuai dengan spesifikasinya dan apakah sudah bisa diintegrasikan dengan modul lainnya.

1.1. TEORI

Sistem deteksi monitor lingkungan terdiri dari sistem deteksi radiasi dan sistem deteksi cuaca. Sistem deteksi radiasi mendeteksi sinar radiasi gamma, sedangkan untuk sistem deteksi cuaca yang dibahas hanya deteksi arah angin, kecepatan angin dan curah hujan.

Sistem deteksi radiasi gamma

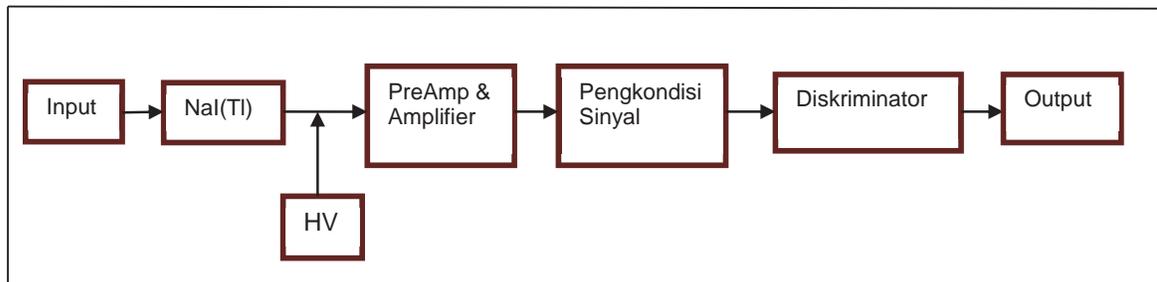
Sebagai detektor digunakan detektor NaI(Tl) Ludlum 44-2 dan detektor GM Ludlum 133-2-1, yang mempunyai spesifikasi seperti pada tabel 1 :

Tabel 1 Spesifikasi Detektor NaI(Tl) Ludlum 44-2 dan Detektor GM Ludlum 133-2-1. ^{[2][3]}

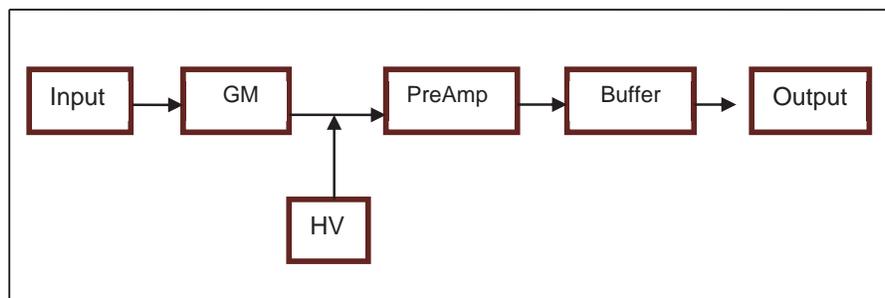
Spesifikasi	NaI(Tl) Ludlum 44-2	GM Ludlum 133-2-1
Operating Voltage	500 -1200 V	550 V
Energy Response	Energy dependent	Within 25 %
Sensitivity	Typically 175cpm/uR/hr	1000cpm/mhr
Dead Time	-	Typically 50 us
Temperature	-15 to 50°C	-20 to 50°C
Weight	0.5 kg	0.090kg

Tegangan tinggi diperlukan untuk mengoperasikan detektor radiasi. Besarnya tegangan yang diberikan sangat bergantung pada detektor yang dipergunakan. Pada kegiatan ini untuk tegangan tinggi menggunakan HV EMCOC20p yang dapat membangkitkan tegangan positif dari 0 sampai 2000V.

Rangkaian pembentuk pulsa diperlukan supaya sinyal dari detektor dapat diintegrasikan dengan rangkaian elektronik pencacah. Oleh karena sinyal dari detektor masih dalam orde milivolt sehingga diperlukan preamplifier dan amplifier. Selanjutnya rangkaian pembentuk pulsa yang terdiri dari pengkondisi sinyal dan diskriminator berfungsi untuk membentuk sinyal dari detektor yang masih dalam bentuk gaussian menjadi pulsa berbentuk kotak. Pemilihan pulsa selanjutnya dengan rangkaian diskriminator yang fungsinya memilih pulsa yang tingginya mencapai nilai tertentu. Blok diagram sistem deteksi radiasi seperti terlihat pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Deteksi Radiasi Menggunakan Detektor NaI(Tl)



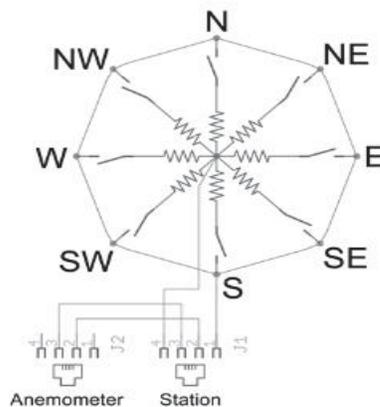
Gambar 3. Blok Diagram Sistem Deteksi Radiasi Menggunakan Detektor GM

Sistem deteksi arah angin, kecepatan angin dan curah hujan

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur arah dan kecepatan angin.

Dalam kegiatan ini alat yang digunakan untuk mengukur arah angin, kecepatan angin dan curah hujan adalah *weather sensor assembly p/n 80422*.

Arah angin biasanya dinyatakan dengan arah dari mana angin tersebut datang, sedangkan kecepatan angin biasanya dinyatakan dalam satuan meter/detik, km/jam atau mil/jam^[3]. Untuk mengukur arah angin digunakan sensor berbentuk baling-baling, dimana di dalam rangkaianannya terdapat 8 saklar yang masing-masing terhubung ke resistor yang berbeda nilai tahanannya^[4]. Dalam kondisi arah angin tertentu, baling-baling ini akan menutup dua saklar sekaligus, sehingga dari 8 nilai resistor yang ada dapat menghasilkan 16 nilai resistor yang berbeda. Ke 16 resistor ini membentuk pembagi tegangan dan apabila diberi tegangan dari luar akan menghasilkan tegangan output yang dapat diukur. Nilai tegangan output inilah yang akan menjadi arah angin.

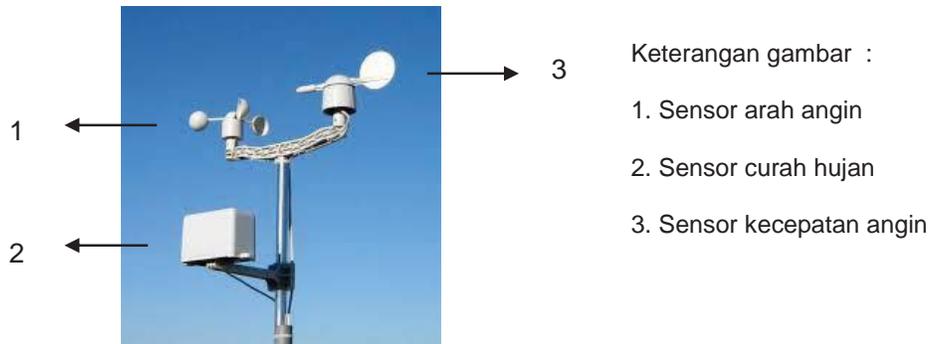


Gambar 4. Rangkaian Sensor Arah Angin^[3]

Untuk mengukur kecepatan angin, sensor kecepatan angin dilengkapi dengan magnet dan saklar ON/OFF. Anemometer mengukur kecepatan angin dengan menutup kontak magnet, lalu bergerak melewati saklar. Pada kecepatan tertentu, angin akan menyebabkan saklar OFF, pada saat itulah sebuah pulsa akan terukur. Apabila dalam 1 detik menghasilkan 1 pulsa maka itu setara dengan kecepatan angin sebesar 2.4 km/jam^[5].

Curah hujan adalah banyaknya air yang tercurah dalam suatu luasan tertentu, diukur dengan sensor curah hujan. Sensor ini pada dasarnya adalah bucket sebagai penampung air ditambah saklar ON/OFF, dimana saklar akan ON setelah air hujan tertampung sebanyak 0,2794 mm yang berarti ada satu pulsa yang datang^[5]. Pulsa inilah yang selanjutnya diolah oleh mikroprosesor *Aurdino Uno* untuk dikonversikan menjadi curah hujan.

Pada gambar 5 diperlihatkan alat *weather sensor assembly p/n 80422* sebagai alat untuk mengukur curah hujan, kecepatan angin dan arah angin.



Gambar 5. Weather Sensor Assembly p/n 80422

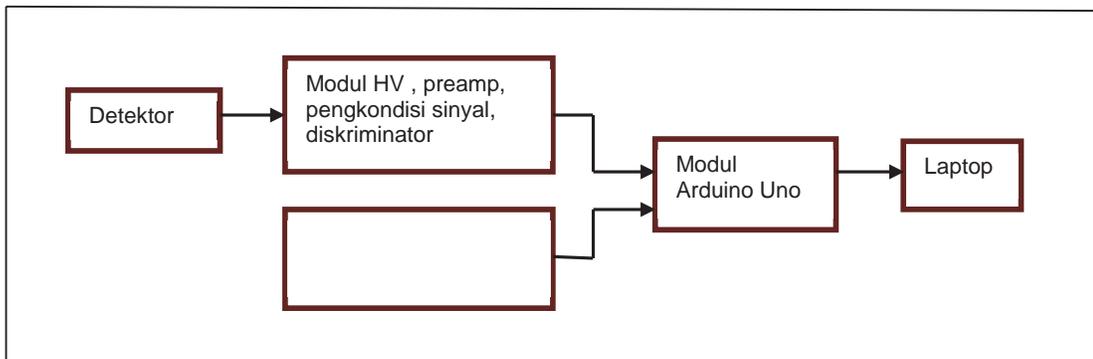
2. METODOLOGI

Sistem deteksi monitor lingkungan ini diuji dilaboratorium Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN). Pengujian dilakukan terhadap sistem deteksi radiasi dengan menggunakan detektor NaI(Tl) dan GM serta sistem deteksi untuk cuaca yang meliputi arah angin, kecepatan angin dan curah hujan.

Pengujian pertama dilakukan terhadap sistem deteksi radiasi yang terdiri dari HV, preamp dan amplifier, pengkondisi sinyal dan diskriminator. Detektor NaI(Tl) dan detektor GM disambungkan ke modul yang diuji, lalu keluaran dari HV diukur dengan menggunakan digital volt meter (DVM). Setelah meletakkan sumber standar di depan detektor, keluaran dari amplifier dan diskriminator diamati dengan menggunakan osiloskop. Parameter yang diuji adalah tegangan tinggi (HV) yang menentukan tegangan kerja detektor, tegangan output dari preamplifier dan amplifier serta bentuk pulsanya.

Pengujian yang kedua dilakukan pada sistem deteksi cuaca yaitu *weather sensor assembly p/n 80422* yang merupakan alat ukur dari arah angin, kecepatan angin dan curah hujan. Pengujian arah angin dilakukan dengan cara keluaran dari sensor ini dihubungkan ke *Ardino Uno* sebagai pengolah datanya, arah baling-baling pada sensor arah angin digeser sebesar sudut $22,5^{\circ}$, 45° , $67,5^{\circ}$, 90° dan seterusnya sampai 360° atau 0° , sehingga didapatkan 16 arah mata angin, setiap perubahan sudut diukur tegangan keluarannya dengan DVM, besar tegangan ini diinterpretasi sebagai arah angin.

Selanjutnya untuk pengujian kecepatan angin, output dari sensor ini dihubungkan ke modul *Ardino Uno* juga sebagai pengolah datanya, kemudian sensor kecepatan angin diputar atau ditiup, dimana apabila dalam 1 detik menghasilkan 1 pulsa, maka nilainya setara dengan 2.4 km/jam, di dalam *Arduino Uno* telah diprogram kecepatan angin diamati selama 2 detik, hasil pengukuran kecepatan angin ini ditampilkan di laptop. Tahap berikutnya adalah mengukur curah hujan, sensor curah hujan dihubungkan ke *Arduino Uno* sebagai pengolah datanya, kemudian sensor ini diisi dengan air untuk mengetahui berapa mm air yang bisa menghasilkan 1 pulsa, pulsa ini yang diolah oleh *Arduino Uno* dan ditampilkan di laptop menjadi curah hujan yang terukur dalam 1 detik.



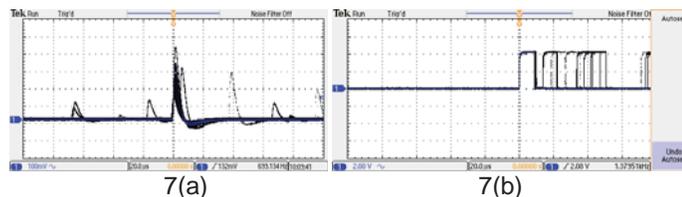
Gambar 6. Blok Diagram Pengujian Sistem Deteksi Monitor Lingkungan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sistem deteksi radiasi terlihat pada tabel 2. (Dengan menggunakan detektor NaI(Tl))

Tabel 2. Hasil Pengujian Tegangan Tinggi Untuk Detektor NaI(Tl)

No	HV Vdc	Output PreAmp Vdc	Output Pengk.sinyal Vdc	Output Diskriminator Vdc
1	400	0.02	-	-
2	500	0.03	-	-
3	550	0.05	-	-
4	600	0.08	-	-
5	650	0.12	2	4
6	700	0.2	2	4
7	750	0.34	2	4
8	800	0.5	2	4
9	850	0.6	2	4
10	900	0.75	2	4
11	950	1	2	4
12	1000	1	2	4
13	1050	1	2	4
14	1100	1	2	4
15	1150	1	2	4
16	1200	1	2	4



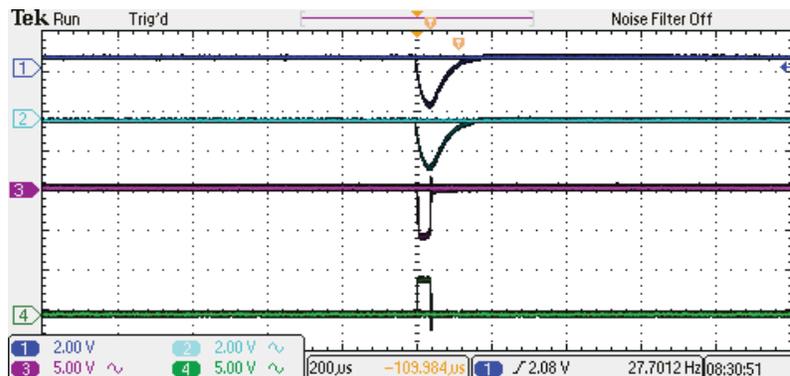
Gambar 7(a). Bentuk pulsa keluaran dari amplifier
7(b). Bentuk pulsa keluaran dari pembentuk pulsa

Tegangan tinggi HV EMCOC20p bisa diatur dari mulai 0 -2000KV . Karena menggunakan detektor NaI (TI) 44-2 Ludlum, dimana detektor ini operasi kerjanya pada

tegangan tinggi 500 – 1200 Vdc, pada pengujian modul ini tegangan tinggi untuk detektor divariasikan dari 400- 1200Vdc untuk mengetahui pada daerah kerja berapa detektor ini bisa menghasilkan keluaran yang stabil. Dari hasil percobaan detektor bisa mendeteksi sumber dari mulai detektor tersebut diberikan tegangan sebesar 500 Vdc. Ketika tegangan tinggi dinaikkan pulsa keluaran preamp juga ikut naik (tabel 1) . Keluaran preamp stabil sebesar 1 Vdc pada saat detektor diberi tegangan 1000-1200 Vdc , tetapi walaupun keluaran preamp kecil sebesar 20mV pada saat tegangan tinggi 500 Vdc, pulsa ini masih bisa diolah oleh rangkaian pengkondisi sinyal dan diskriminator, sehingga keluaran dari modul ini tetap stabil 4 volt. Bentuk pulsa keluaran amplifier dan pembentuk pulsa diperlihatkan pada gambar 5(a) dan gambar 5(b)

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Tinggi Untuk Detektor GM

No	HV Vdc	Output PreAmp Vdc	Output Buffer Vdc
1	0	-	-
2	100	-	-
3	150	-	-
4	200	-	-
5	250	0.028	4,4
6	300	0,4	4,4
7	350	0,6	4,4
8	400	1,2	4,4
9	450	1,6	4,4
10	500	2,2	4,4
11	550	2,8	4,4
12	600	2,8	4,4



Gambar 8. Keluaran Modul Sistem Deteksi Radiasi Untuk Detektor GM

Untuk detektor GM Ludlum 133-2-1 , operasi kerjanya pada tegangan tinggi 300 – 600 Vdc, sehingga untuk pengujian variasi tegangan diatur dari 100 – 600Vdc untuk mengetahui pada daerah kerja berapa detektor ini bisa menghasilkan keluaran yang stabil. Dari hasil percobaan detektor bisa mendeteksi sumber dari mulai tegangan tinggi 250V, walaupun keluaran dari preamp belum stabil, keluaran preamp mulai stabil ketika diberikan tegangan tinggi sebesar 550Vdc, dengan nilai output 4,4 volt ,sesuai dengan persyaratan yang disyaratkan oleh sistem pengolah data selanjutnya.

Hasil pengujian pengukuran arah angin

Tabel 4 di bawah ini menunjukkan hasil percobaan pengukuran arah angin, dibandingkan dengan *data sheet weather sensor assembly p/n 80422*, dimana untuk arah tertentu maka tegangannya tertentu pula. Dari hasil percobaan arah angin, pengukuran tegangan, penentu arah angin besarnya mendekati dengan yang ada di data sheet Untuk menghitung presentasi hasil pengukuran dan keberterimaan diambil dari nilai rata-ratanya, sehingga didapat bahwa keberterimaan rata-rata $\pm 98\%$, atau kesalahan sebesar $\pm 2\%$, masih bisa diterima.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pengukuran Arah Angin

No	Besaran Derajat	Arah Angin	Tegangan Terukur (Vdc)	Tegangan Data sheet	Selisih (Vdc)	% kesalahan
1	0 ^o / 360 ^o	North	3.827 - 3.840	3.84	0.0065	0.1693
2	022.5 ^o	North Northeast	1.960 - 1.980	1.98	0.0100	0.5050
3	45 ^o	Northeast	2.243 - 2.248	2.25	0.0045	0.2000
4	67.5 ^o	East Northeast	0.391 - 0.420	0.41	0.0045	1.0975
5	90 ^o	East	0.435 - 0.450	0.45	0.0075	1.6667
6	112.5 ^o	East Southeast	0.303 - 0.330	0.32	0.0035	1.0937
7	135 ^o	Southeast	0.885 - 0.900	0.90	0.0075	0.8334
8	157.5 ^o	South Southeast	0.592 - 0.602	0.62	0.0230	3.7096
9	180 ^o	South	1.374 - 1.400	1.4	0.0130	0.9285
10	202.5 ^o	South Southwest	1.173 - 1.190	1.19	0.0085	0.7143
11	225 ^o	Southwest	3.025 - 3.080	3.08	0.0275	0.8928
12	247.5 ^o	West Southwest	2.913 - 2.930	2.93	0.0085	0.2901
13	270 ^o	West	4.609 - 4.623	4.62	0.0040	0.0856
14	292.5 ^o	West Northwest	4.032 - 4.042	4.04	0.0030	0.0742
15	315 ^o	Northwest	4.725 - 4.780	4.78	0.0275	0.5753
16	337.5 ^o	North Northwest	3.421 - 3.431	3.43	0.0040	0.1166

Hasil pengujian kecepatan angin dan curah hujan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kecepatan Angin dan Curah Hujan

No	Kecepatan Angin (mph)	Curah Hujan (inchi)
1	0,00	0,10
2	0,00	0,10
3	0,00	0,10
4	0,00	0,10
5	0,00	0,10
6	0,00	0,10
7	2,22	0,10
8	2,05	0,10
9	2,25	0,11
10	2,57	0,14
11	1,78	0,14
12	1,37	0,15
13	2,72	0,15

Tabel 5 menunjukkan kecepatan angin dan curah hujan, kecepatan angin yang bergerak dalam satuan mil per jam yang diamati dalam setiap 2 detik, sedangkan curah hujan menunjukkan besarnya curah hujan yang diukur dengan cara menghitung jumlah pulse

yang ada saat penampungan air hujan berlangsung, pulse ini yang akan dihitung oleh mikroprosesor dan ditampilkan di lap top dalam satuan inchi. Dari hasil percobaan untuk mendapatkan 1 pulse diperlukan air sebanyak 0.22 mm, sedangkan di dalam data sheet untuk menghasilkan 1 pulse air yang diperlukan sebanyak 0,2794 mm, terdapat perbedaan sebesar 0,0594mm. Untuk mendapatkan nilai perbedaan yang lebih kecil diperlukan penelitian lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Sistem deteksi monitor lingkungan yang dibuat sudah dapat mendeteksi sinar radiasi gamma, dan mendeteksi cuaca seperti arah angin, kecepatan angin serta curah hujan. Hasil pengujian tegangan tinggi, preamplifier dan pembentuk pulsa menunjukkan bahwa sistem deteksi untuk radiasi gamma bekerja dengan baik, keluaran modul sistem deteksi radiasi gamma berupa pulsa kotak sebesar 4 volt untuk yang menggunakan detektor Nal(Tl) dan 4,4 volt untuk yang menggunakan detektor GM, nilai ini sudah memenuhi syarat masukan untuk *Arduino Uno* sebagai pengolah datanya berikutnya.

Berdasarkan hasil pengujian sistem deteksi cuaca, sistem ini sudah bisa mendeteksi cuaca seperti arah angin, kecepatan angin serta curah hujan, sehingga sudah bisa diintegrasikan dengan sistem modul berikutnya. Namun demikian untuk sistem cuaca ini perlu pengujian lebih lanjut misalnya dengan cara memasang sensor cuaca dilapangan terbuka dan hasil pengamatan harus dibandingkan dengan standarisasi alat yang ada di BMKG, sehingga dapat diketahui keakuratannya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BAPETEN, Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor : 03/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif, 1999.
- [2]. INSTRUCTION MANUAL, Ludlum Model 44-2 Gamma Scintillator, August 2012.
- [3]. INSTRUCTION MANUAL, Ludlum Model 133 Series Gamma Detector, January 2010.
- [4]. RHAHMI ADNI PESMA, WIDIAN, IMAMA TAUFIQ, *Rancang Bangun Alat Ukur Kelajuan Dan Arah Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 menggunakan Sistem Sensor Cahaya*, Jurnal Fisika Unand Vol 2, No. 4, Oktober 2013.
- [5]. ARGENT DATA SYSTEMS, , www.environdata.com, diakses September 2014.
- [6]. SUSILA I PUTU, ISTOFA, SUKANDAR, *Pengembangan Prototipe Perangkat Pemantau Radiasi Gamma, Suhu dan Kelembaban secara Kontinyu pada Fasilitas Penyimpanan Limbah Radioaktif*, 2014.