

Sistem Analisis Potensi Tenaga Angin Akibat Pergerakan Kendaraan Di Jalan Raya Secara Real - Time Sebagai Penerangan Jalan

Juli Gunawan¹

¹Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Indonesia

Email: ¹ dosen03143@unpam.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak– Penelitian ini bertujuan untuk merancang perangkat keras dan perangkat lunak guna memonitoring serta menganalisis potensi energi angin yang dihasilkan oleh pergerakan kendaraan di jalan raya secara real-time. Pengambilan data kecepatan angin menggunakan tiga buah sensor anemometer yang dipasang pada ketinggian 1 meter, 2 meter, dan 3 meter dari atas permukaan tanah, berlokasi di pinggir jalan depan Puskesmas Pamulang. Sistem pengolahan data menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang memproses pembacaan sensor analog, menyimpan data cadangan pada SD card, serta mengunggah data menggunakan jaringan seluler melalui modul GSM Shield SIM900 setiap rentang waktu 10 menit. Pengujian lapangan dilakukan selama 24 jam dengan menyesuaikan kondisi lalu lintas kendaraan yang padat. Hasil analisis menunjukkan sistem berfungsi dengan baik dimana nilai rata-rata kecepatan angin harian tercatat sebesar 7,54 m/s untuk anemometer pertama, 11,27 m/s untuk anemometer kedua, dan 11,67 m/s untuk anemometer ketiga. Hasil ini membuktikan bahwa perangkat sistem pemantauan bekerja secara akurat dalam mengirimkan serta menampilkan pendataan fluktuasi angin secara real-time menuju website pangkalan data cekanemometer.com.

Kata Kunci: Arduino Uno, Energi Angin, GSM Shield SIM900, Kecepatan Angin, Monitoring Real-Time

Abstract– This study aims to design hardware and software to monitor and analyze the potential of wind energy generated by the movement of vehicles on the highway in real-time. Wind speed data collection uses three anemometer sensors installed at an altitude of 1 meter, 2 meters, and 3 meters from the ground level, located on the side of the road in front of the Pamulang Community Health Center. The data processing system uses the Arduino Uno microcontroller which processes analog sensor readings, saves backup data on the SD card, and uploads data using cellular networks via the SIM900 GSM Shield module every 10 minutes. Field testing was carried out for 24 hours adjusting to heavy vehicle traffic conditions. The analysis results show the system works well where the average daily wind speed was recorded at 7.54 m/s for the first anemometer, 11.27 m/s for the second anemometer, and 11.67 m/s for the third anemometer. These results prove that the monitoring system device works accurately in sending and displaying wind fluctuation data in real-time to the cekanemometer.com database website.

Keywords: Arduino Uno, GSM Shield SIM900, Real-Time Monitoring, Wind Energy, Wind Speed.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap energi saat ini meningkat dengan sangat pesat, yang berakibat pada tingginya tuntutan pemenuhan energi listrik untuk berbagai aspek kehidupan. Namun, masyarakat masih sangat bergantung pada sumber daya energi tak terbarukan berbahan dasar fosil, seperti minyak, batu bara, dan gas alam, yang ketersediaannya semakin terbatas. Penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan, salah satunya adalah peningkatan kadar karbon dioksida (CO₂) di atmosfer akibat aktivitas pembangkit tenaga listrik konvensional. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu energi terbarukan yang sangat potensial untuk dikembangkan saat ini adalah energi angin. Pembangkit listrik tenaga angin merupakan sebuah sistem yang secara khusus memanfaatkan angin sebagai sumber tenaga penggerak utama dalam menghasilkan energi listrik (Saputra et al., 2016).

Kendaraan yang melaju di jalan raya secara fisik menghasilkan hembusan angin akibat dari pergerakan massanya. Hembusan angin dari aktivitas lalu lintas kendaraan ini diidentifikasi memiliki potensi untuk menghasilkan tenaga listrik yang dapat dimanfaatkan, salah satunya sebagai sumber energi mandiri untuk penerangan jalan raya itu sendiri. Akan tetapi, karakteristik kecepatan angin di area lalu lintas sangat fluktuatif dan dapat berubah-ubah setiap waktu. Kondisi ini menuntut adanya sebuah alat yang secara spesifik mampu merekam dan menganalisis data kecepatan angin secara terus-menerus untuk memastikan kelayakannya.

Untuk mengatasi tantangan teknis tersebut, pemanfaatan mikrokontroler dan sistem sensor menjadi solusi yang tepat. Dalam perancangan dasarnya, data kecepatan angin yang ditangkap oleh sensor anemometer akan diproses oleh mikrokontroler Arduino, yang kemudian data hasil bacaannya disimpan ke dalam media penyimpanan lokal berupa SD card. Namun, sistem penyimpanan lokal semacam ini mengharuskan pengguna untuk mendatangi lokasi dan mengambil data secara langsung, yang dinilai kurang efisien untuk kebutuhan pemantauan jangka panjang. Untuk meningkatkan efisiensi, kelancaran monitoring, dan memudahkan pengguna, sistem ini perlu diintegrasikan dengan jaringan internet. Data yang diproses oleh Arduino akan dikirimkan secara nirkabel menuju sebuah situs web menggunakan bantuan modul transmisi GSM Shield SIM900.

Berdasarkan pemaparan di atas, penelitian ini bertujuan untuk merancang perangkat keras dan perangkat lunak guna menganalisis sistem potensi tenaga angin akibat pergerakan kendaraan di jalan raya secara real-time. Sasaran utama dari penelitian ini adalah terciptanya sebuah prototipe perangkat pemantau kecepatan angin di tepi

jalan, di mana data hasil pengukurannya dapat langsung diunggah ke jaringan internet dan dilihat oleh pengguna secara real-time melalui website tanpa harus mengunduh data secara manual ke lokasi pengujian

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kebutuhan Alat dan Bahan

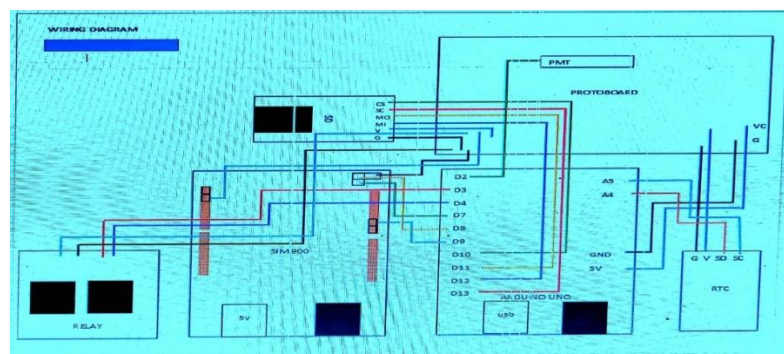
Dalam membangun sistem pemantauan ini, terdapat beberapa komponen utama yang digunakan, yaitu:

- Perangkat Keras**
Sensor kecepatan angin (anemometer), mikrokontroler Arduino UNO, Modul GSM Shield SIM900, Real-Time Clock (RTC) untuk penyimpanan waktu dan tanggal, modul penyimpanan data memori Micro SD, dan satu set komputer.
- Perangkat Lunak**
Program Integrated Development Environment (IDE) berbasis bahasa C untuk memprogram mikrokontroler, serta PHP (Personal Home Page/Hypertext Preprocessor) untuk merancang antarmuka situs web.

2.2. Perancangan Perangkat Keras

Rancangan alat pembacaan kecepatan angin terdiri dari mikrokontroler, anemometer, suplai daya (power supply) 5 Vdc, dan modul pengunggah data GSM Shield SIM900. Tiang pengukur dilengkapi dengan tiga buah anemometer yang diletakkan pada ketinggian berbeda, yaitu 1 meter (bawah), 2 meter (tengah), dan 3 meter (atas) dari permukaan tanah. Proses pengkabelan (wiring) diatur dengan spesifikasi berikut:

- Keluaran (output) anemometer 1, 2, dan 3 secara berurutan dihubungkan pada kaki analog input pin A0, A1, dan A2 di Arduino. Vcc dan ground setiap anemometer masuk ke Vcc dan ground Arduino.
- Modul RTC dihubungkan ke Arduino melalui antarmuka I2C, di mana kaki SCL dihubungkan ke pin analog A5 dan kaki SDA dihubungkan ke pin analog A4.
- Modul GSM Shield SIM900 dihubungkan menggunakan pin serial digital D7 (Tx) dan D8 (Rx) pada papan Arduino.



Gambar 1. Wiring diagram

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada sistem ini bertugas mengontrol aliran data dari perangkat keras menuju pangkalan data jarak jauh. Proses ini meliputi:

- Pengolahan Mikrokontroler**
Arduino diprogram untuk membaca dan mengubah sinyal analog dari sensor menjadi sinyal digital. Program mengatur agar pembacaan data dilakukan apabila waktu pada RTC berada di detik ke-0 atau ke-30. Jika jumlah data yang terkumpul sudah mencapai 20 siklus (berjalan sekitar 10 menit), mikrokontroler akan memprosesnya untuk mencari nilai tegangan rata-rata (sensor Voltage).
- Penyimpanan dan Transmisi Data**
Hasil perhitungan rata-rata disimpan di dalam SD Card dengan format fail teks "Anemo.txt". Bersamaan dengan itu, GSM Shield SIM900 diprogram dengan instruksi perintah AT (AT Command) untuk menyalakan mode GPRS dan mengunggah paket data angin tersebut menuju alamat Internet Protocol (IP) yang dituju. Antarmuka Situs Web: Pangkalan data sebagai penampung dikonfigurasi pada domain khusus bernama cekanemometer.com.
- Alur basis data dikelola menggunakan dua fail PHP**
koneksi.php untuk menghubungkan sistem dengan database MySQL, dan input.php yang menggunakan metode HTTP GET untuk menangkap parameter data (seperti \$kons1, \$kons2, \$kons3) dari SIM900 lalu menampilkannya ke dalam baris tabel secara real-time.

2.3. Proses Kalibrasi Anemometer

Tahap kalibrasi wajib dilakukan guna menemukan nilai konstanta konversi sinyal sensor. Arduino UNO memiliki resolusi Analog-to-Digital Converter (ADC) 10-bit yang merentangkan nilai 0 hingga 1023 untuk kapasitas tegangan masukan 0 sampai 5 Volt. Dari spesifikasi tersebut, tegangan maksimal (5V) dibagi dengan nilai resolusi (1023), sehingga didapatkan konstanta konversi tegangan (voltageConversionConstant) senilai 0,004887585 Volt.

Sensor pada alat ini kemudian dikalibrasi dan diuji silang menggunakan anemometer digital standar (tipe Krisbow KW06-653) yang telah teruji. Nilai perbandingan pengukuran ini akan menghasilkan faktor konversi (speedConversionValue) yang valid untuk menerjemahkan nilai tegangan menjadi besaran kecepatan angin sebenarnya dalam format m/s.



Gambar 2. Anemometer KW06-653

2.4. Proses Kalibrasi Anemometer

Analisis penelitian dijalankan secara sistematis dengan beberapa metodologi pengujian, di antaranya:

- Perhitungan matematis untuk mengambil nilai faktor konversi kalibrasi pada masing-masing anemometer.
- Penerapan dan eksperimen perangkat pemantauan menggunakan ketiga anemometer di pinggir jalan raya selama durasi 24 jam penuh.
- Rekapitulasi dan evaluasi hasil rata-rata pengukuran fluktuasi angin pada setiap anemometer selama pengujian 24 jam tersebut

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari dokumen proposal tesis yang Anda berikan dan menyesuaikan dengan kerangka penulisan Jurnal OKTAL, berikut adalah bagian ANALISA DAN PEMBAHASAN yang telah disusun secara terstruktur dengan memasukkan sitasi yang tepat: Bagian ini merepresentasikan hasil analisis, pengujian, serta pembahasan dari rancang bangun sistem pemantauan kecepatan angin (anemometer) yang telah diimplementasikan di lapangan. Pengujian dilakukan secara bertahap mulai dari tingkat sensor hingga uji operasional secara keseluruhan selama 24 jam.

3.1 Hasil Rancang Alat Sistem Monitoring Anemometer

Implementasi akhir sistem monitoring ini terbagi menjadi dua keluaran utama, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak.

- Pada sisi perangkat keras, sistem sukses merakit papan utama matriks (protoboard) yang mengintegrasikan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali pusat, dengan komponen-komponen penunjang seperti Modul GSM Shield SIM900 untuk transmisi nirkabel, soket Micro SD untuk penyimpanan cadangan, serta modul Real Time Clock (RTC) untuk penjadwalan waktu presisi.
- Pada sisi perangkat lunak, sistem sukses mengembangkan basis antarmuka dengan membangun situs website pangkalan data bernama

3.2 Hasil Uji Kalibrasi

Sebelum sistem ditempatkan di lapangan, sensor *anemometer* analog rakitan harus melalui pengujian perbandingan dengan *anemometer* digital standar tipe *hot wire* (Krisbow KW06-653) yang telah tersertifikasi. Uji kalibrasi ini dilaksanakan di Pusat Penelitian Analisis dan Kalibrasi, Batan Pasar Jumat dengan metode pengambilan 10 data kecepatan angin yang stabil pada tiap-tiap sensor. Tujuan kalibrasi ini adalah untuk mencari nilai faktor konversi kecepatan pada masing-masing sensor yang kelak menjadi basis acuan input program Arduino. Berdasarkan pengujian, diperoleh hasil faktor konversi rata-rata sebagai berikut:

- Faktor Konversi *Anemometer* 1: 26,13.
- Faktor Konversi *Anemometer* 2: 42,81.
- Faktor Konversi *Anemometer* 3: 43,11. Angka faktor konversi tersebut kemudian ditanamkan ke dalam variabel program IDE Arduino (*speedConversionValue*) untuk mengubah sinyal voltase ADC secara akurat menjadi satuan ukur angin meter per detik (m/s).

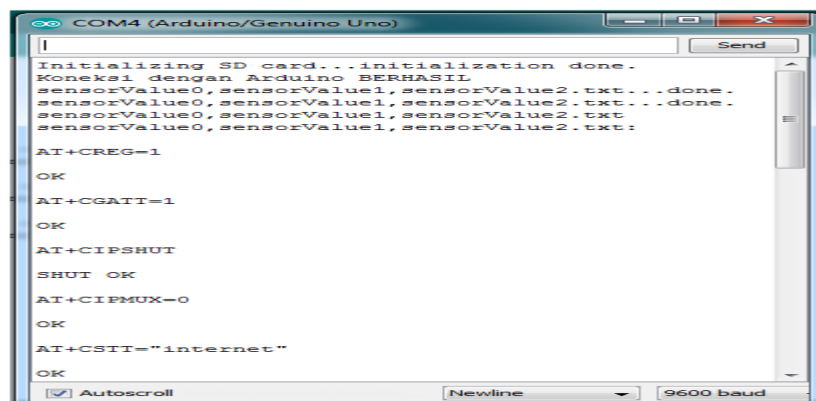
Tabel 1. Tabel Perhitungan Kalibrasi anemometer 1

No	Anemometer 1 m/s	Anemoter digital yang sudah di kalibrasi m/s	Anemometer 1/anemometer yang terkalibrasi
1	10.23	0.41	24,95
2	10.26	0.40	25,65
3	10.30	0.40	26,75
4	11.15	0.43	25,93
5	10.23	0.45	22,73
6	10.12	0.45	22,49
7	12.11	0.40	30,28
8	9.87	0.38	22,28
9	10.87	0.41	26,51
10	11.99	0.39	30,74
Jumlah	107,13	4,11	261,31
Nilai rata-rata	10,713	0,411	26,13
Hasil factor konversi Anemometer 1			26,13

3.3 Hasil Uji Penyimpanan dan Pengiriman Data

Pengujian fungsi transmisi dilakukan untuk memverifikasi keandalan pengiriman serta penyimpanan log pada *SD Card*.

- Uji Penyimpanan Lokal: Kartu memori berkapasitas 8 Gigabyte dipasang pada modul pembaca. Pemantauan *serial monitor* pada IDE Arduino menunjukkan bahwa proses inisialisasi, pembacaan, dan penulisan fail data angin berhasil dilakukan tanpa ada galat (*error*), menandakan sistem penyimpanan pencadangan data berfungsi sangat baik.
- Uji Pengiriman *Online*: Modul GSM Shield SIM900 diuji konektivitasnya terhadap parameter APN dan alamat IP peladen menggunakan *AT Command*. Pengujian *serial monitor* memperlihatkan bahwa instruksi perintah koneksi GPRS direspon dengan status "OK", dan metode pemanggilan ke situs cekanemometer.com sanggup mengeksekusi konfirmasi "Data Masuk". Ini membuktikan sistem pengeksekusi *script* input.php berhasil menyinkronkan data parameter dengan baris MySQL. Ketika situs *web* diakses, data log pergerakan kecepatan angin terekam dan ditampilkan dengan angka metrik yang sesuai dengan keluaran sensor tanpa adanya cacat transfer.



Gambar 2. Hasil uji penulas pada kartu memori

3.4 Hasil Uji Keseluruhan di Lapangan

Pengujian skala penuh (*real condition*) diterapkan dengan mendirikan tiang pemantau yang menopang ketiga sensor *anemometer* pada ketinggian 1 meter, 2 meter, dan 3 meter dari atas permukaan tanah. Sistem diposisikan di pinggir jalan raya tepatnya di depan Puskesmas Pamulang untuk mendeteksi terpaan tiupan angin yang dihasilkan dari aktivitas lalu lintas kendaraan yang padat.

- Pengujian dijalankan terus-menerus tanpa putus selama kurun waktu 24 jam penuh.
- Sistem telah memproses perekaman rata-rata angin dan berhasil mentransmisikannya setiap jarak interval sekitar sepuluh menit sekali. Artinya, di dalam kurun waktu satu jam, terdapat sekitar 6 data yang diterima *website*, sehingga akumulasi total selama periode 24 jam mencatatkan kurang lebih 144 himpunan rekam data kecepatan angin yang solid.

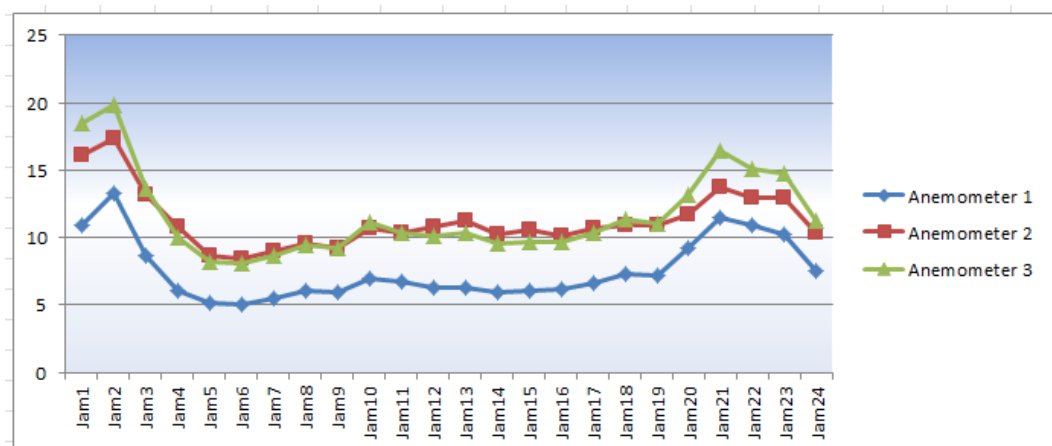
3.5 Pembahasan Data Rata-Rata Angin

Secara prinsip, sistem pemantauan telah berjalan dengan sangat normal, mencatat pergerakan angin akibat lalu lintas kendaraan mulai dari kepadatan siang hari hingga malam hari. Analisis rekapitulasi data setiap 1 jam, yang ditarik dari hasil percobaan lapangan 24 jam, mengkonfirmasi adanya korelasi langsung antara ketinggian posisi pengukuran dengan tingginya debit angin yang tertangkap:

- Ketinggian 1 meter (*Anemometer 1*): Sistem mencatatkan nilai tiupan maksimal harian sebesar 13,3 m/s, di mana keseluruhan rata-rata selama 24 jam berada pada angka 7,54 m/s.
- Ketinggian 2 meter (*Anemometer 2*): Sistem mencatatkan nilai tiupan maksimal harian sebesar 17,3 m/s, di mana keseluruhan rata-rata selama 24 jam menunjukkan peningkatan menjadi 11,27 m/s.
- Ketinggian 3 meter (*Anemometer 3*): Posisi teratas ini mendeteksi tiupan angin yang paling besar, mencatatkan puncak maksimal harian pada angka 19,8 m/s, dan keseluruhan rata-rata harian tertingginya bertengger di posisi 11,67 m/s.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1																									
2	No	Jam1	Jam2	Jam3	Jam4	Jam5	Jam6	Jam7	Jam8	Jam9	Jam10	Jam11	Jam12	Jam13	Jam14	Jam15	Jam16	Jam17	Jam18	Jam19	Jam20	Jam21	Jam22	Jam23	Jam24
3	Anemometer1	10,9	13,3	8,7	6,1	5,1	5	5,5	6	5,9	6,9	6,7	6,3	6,3	5,9	6	6,2	6,6	7,3	7,2	9,2	11,5	10,9	10,2	7,5
4	Anemometer2	16,1	17,3	13,2	10,8	8,6	8,4	9	9,6	9,2	10,7	10,3	10,8	11,3	10,2	10,6	10,1	10,7	10,9	10,9	11,7	13,7	13	13	10,4
5	Anemometer3	18,5	19,8	13,6	10	8,2	8,1	8,7	9,4	9,2	11,1	10,4	10,1	10,3	9,6	9,7	9,7	10,3	11,4	11	13,2	16,4	15,1	14,8	11,3
6																									

Gambar 4.16. tampilan data rata-rata per 1 (satu) jam



Grafik 4.1. tampilan data rata-rata per 1 (satu) jam

Hasil komprehensif ini menunjukkan tingkat keandalan yang mumpuni dari sistem yang dibuat. Kinerja komponen saling mendukung; mulai dari sensor *anemometer* yang terkalibrasi presisi, mikrokontroler Arduino yang memproses cacah data secara akurat, *SD card* yang menjaga keutuhan cadangan data, hingga keandalan koneksi internet modul GSM SIM900 yang mengawal masuknya data ke MySQL tanpa henti setiap harinya. Melalui pemantauan empiris secara *real-time* ini, dapat dipastikan bahwa volume embusan angin dengan rata-rata

kecepatan 7–11 m/s di tepian jalan berarus lalu lintas padat sangat representatif dan memadai apabila ke depannya diintegrasikan sebagai kincir penggerak (Sistem Konversi Energi Angin) untuk mensuplai sumber penerangan jalan raya mandiri.

4. IMPLEMENTASI

Tahap implementasi merepresentasikan hasil nyata dari integrasi seluruh komponen perangkat keras yang telah dirangkai serta berjalannya sistem perangkat lunak untuk merekam, mengirim, dan menampilkan besaran data angin.

4.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi modul pusat (hardware) dilakukan pada sebuah landasan papan akrilik matriks, yang memuat seluruh rangkaian mikroelektronik. Mikrokontroler Arduino Uno diposisikan sebagai unit pengolah pusat, dihubungkan langsung ke shield GSM SIM900 yang dilengkapi dengan antena pemancar (transmitter) sinyal GPRS. Untuk mendukung pemrosesan data historis yang mandiri, modul pembaca kartu penyimpan Micro SD dan sirkuit penanda waktu (Real-Time Clock/RTC) turut disematkan secara bersebelahan dan dikendalikan oleh daya tunggal (power supply). Secara fisik, perangkat keras sentral ini didesain ringkas namun memadai keseluruhan sistem fungsional alat. Sistem pengambilan data aktual diimplementasikan dengan membangun konstruksi satu tiang tinggi di tepian jalan raya (depan Puskesmas Pamulang). Pada tiang tersebut, diikatkan tiga buah sensor anemometer analog konvensional secara vertikal ke atas pada setiap jarak satu meter berturut-turut dari atas permukaan tanah.

4.2 Implementasi Perangkat Lunak dan Uji Fungsionalitas

Puncak dari proses implementasi adalah keberhasilan interaksi perangkat untuk mengunggah dan menampilkan besaran kecepatan angin secara daring.

- Di lokasi, mikrokontroler mengeksekusi instruksi pembacaan ADC dari ketiga sensor, merata-ratakannya per 10 menit, kemudian menyimpannya ke dalam memori eksternal secara lokal (Anemo.txt).
- Secara bersamaan, Modul SIM900 mengeksekusi sintaks AT Command untuk mengalirkan data (berupa variabel kecepatan) langsung kepada basis data MySQL melalui jaringan nirkabel.

Hasil implementasinya langsung dapat disaksikan melalui pangkalan data web yang dirancang (situs cekanemometer.com). Saat situs tersebut diakses, pengguna disuguhkan dengan antarmuka tabel bersih berbasis PHP yang menampilkan kolom "Anemometer 1", "Anemometer 2", "Anemometer 3", serta rincian log "Tanggal" kapan transmisi data tersebut tercatat masuk. Perekaman nilai pada tabel secara konsisten bertambah mengikuti aliran waktu 10 menit siang dan malam selama siklus pengujian 24 jam penuh tanpa ada data yang terputus atau error. Implementasi ini secara meyakinkan menjawab rumusan masalah dengan terwujudnya sistem pemantauan kecepatan angin real-time yang otomatis, andal, jarak jauh, dan akurat.

5. KESIMPULAN

Sistem monitoring dan analisis pengukuran kecepatan angin secara real-time akibat pergerakan kendaraan di jalan raya telah berhasil dirancang dan direalisasikan dengan baik. Berdasarkan pengujian yang dilakukan secara terus-menerus selama 24 jam di pinggir jalan raya depan Puskesmas Pamulang, perangkat lunak dan perangkat keras sistem berjalan sangat stabil sesuai dengan kondisi fluktuasi lalu lintas kendaraan dari siang hingga malam hari. Secara keseluruhan, perpaduan antara mikrokontroler Arduino Uno, sensor anemometer, dan pengirim pesan nirkabel modul GSM Shield SIM900 terbukti andal dalam memantau, mendokumentasikan, serta menampilkan data potensi angin secara real-time pada situs pangkalan data sesuai dengan rentang waktu yang diharapkan. Kinerja sistem ini menjawab rumusan masalah dengan menunjukkan bahwa kecepatan angin dari laju kendaraan di jalan raya memiliki potensi yang nyata untuk diamati dan diukur secara sistematis. Sebagai pengembangan dan pekerjaan masa depan (future work) dari penelitian ini, disarankan untuk melakukan pengujian dan analisis lanjutan pada lokasi-lokasi lain yang lebih berpotensi sebagai sumber tenaga listrik. Pemasangan alat pemantauan dapat diterapkan di area dengan intensitas angin dan laju kecepatan yang lebih tinggi, seperti di jalan bebas hambatan (jalan tol), puncak pegunungan, maupun di daerah pesisir pantai. Selain itu, diperlukan penelitian tingkat lanjut untuk mengaplikasikan prototipe pemantau real-time ini secara terpadu dengan mesin konversi energi listrik atau generator skala kecil sesungguhnya, sehingga angin dari pergerakan lalu lintas tersebut dapat langsung dimanfaatkan untuk penerangan jalan secara mandiri.

REFERENCES

- 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.
- Ginting, T., Hari, B. (2004). *Konsentrasi gas Radon di permukaan tanah di daerah PPTN Serpon dan Puspitek*. Buletin Limbah Vol 8 No. 2.
- H, Bakti., Lubis, Rachmat Fajar., Delinom, Robert., Nailly, 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
- H, Bakti., Lubis, Rachmat Fajar., Delinom, Robert., Nailly, Wilda., (2014). *Identifikasi Keluaran Airtanah Lepas Pantai (KALP) di Pantai Utara Semarang dan sekitarnya dengan ²²²Radon*. Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi (JLBG). Penerbit Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 24(1), Hal 43-51
- Igarashi, G., Sacki, S., Takahata, N. (1995). *Grounwater Radon anomaly before the kobe Earthquake in Japan*, Szience v., 296,60-61.
- Kuo, T., Lin, C., Chang, G., Fan, K., Cheng, W., Lewis, C., (2010). *Estimation of aseismic crustal strain using radon repetitive radon precursors of the 2003 M 6.8, 2006 M 6.1, and 2008 M 5.0 earthquakes in eastern Taiwan*. Nat. Hazards, 53, h. 219–228.
- Sunardi, B., dkk. (2016). *Variasi gas Radon dan aktivitas kegempaan di sekitar patahan Opak*. Jurnal lingkungan dan bencana geologi, Pusat Sains Antariksa, Lembaga Penerbangan Nasional (LAPAN).
- Suntoko, H., Hamzah, I. (2002). *Uji coba pengukuran gas Radon untuk aktivitas patahan di daerah Rahtawu- Pati*. Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, BATAN.
- Varhegyi, A., dkk. (1988). *Application of underwater radon measurements in geology*, Nuclear Tracks Radiation Measurements 15 (1-4), 609-612.
- Wikipedia. (2017), List of earthquake, https://en.wikipedia.org/List_of_earthquake
- Wikipedia. (2006), Gempa Bumi Yogyakarta 2006, https://en.wikipedia.org/wiki/Gempa_Bumi_Yogyakarta_2016