

RANCANG BANGUN PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMILIHAN TEMPAT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN BERBASIS IOT

Abdul Halim Muklis, Agung Panji Sasmito, Renaldi Primaswara Primaswara
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia
Abdulhalimmuklis@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik kebutuhan sangat penting bagi masyarakat, masyarakat kini mulai mencari energi listrik alternatif, Indonesia memiliki potensi angin yang melimpah dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang alat untuk memperoleh data yang dapat dipantau pada *web* dan mempunyai fitur pengambil keputusan tempat yang akan digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Metode yang digunakan merupakan metode SMART (*Simple Multi Attribute Rating Technique*), metode SMART sebagai pendukung keputusan pemilihan tempat pembangkit listrik tenaga angin, kriteria yang di gunakan terdapat kecepatan rata-rata angin, ketinggian lokasi, luas lokasi. Dari pengujian *hardware* dan *software* menghasilkan beberapa kesimpulan, pengujian sensor anemometer mendapatkan hasil rata-rata presentase *error* 5,0%, pengujian modul sim900a berjalan dengan baik sinyal pada modul sim akan tergantung pada *provider* GSM yang digunakan. Pengujian *web* menggunakan *browser* semua menu dan tampilan berjalan sesuai harapan, pengujian metode SMART secara manual dan sistem mendapatkan hasil akurasi 99%, hasil dari pendukung keputusan berlokasi e merupakan alternatif dengan nilai tertinggi dengan nilai 0.882608696 namun di lokasi e rata-rata kecepatan angin masih rendah yaitu 0,347763158, dari pernyataan tersebut masih kurang potensi karena kecepatan angin masih kurang dari 3,0, berdasarkan hasil yang di peroleh masih di butuhkan analisa kembali dari hasil pendukung keputusan dari sistem.

Kata kunci : *Pendukung keputusan, pltb, monitoring kecepatan angin, SMART*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan vital bagi masyarakat dan merupakan sumber daya yang paling ekonomis yang dapat digunakan dalam berbagai macam kegiatan. Hampir segala aktivitas manusia didukung oleh keberadaan energi listrik [1] kini masyarakat mulai mencari sumber energi listrik terbaru untuk mengurangi penggunaan energi konvensional yang menggunakan energi fosil, maka kini banyak dikembangkan energi baru seperti energi matahari, energi gelombang air laut, energi air, energi angin, dan sebagainya.

Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan salah satu Negara yang terletak di garis Khatulistiwa merupakan faktor, bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin yang melimpah. Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/s (anggi,), dari penjelasan tersebut potensi angin pada negara Indonesia cukup bagus untuk dijadikan pembangkit listrik tenaga angin, namun dalam pendirian pembangkit listrik tenaga angin harus memperhatikan banyak hal seperti kecepatan angin, ketinggian lokasi serta luas tanah pada tempat yang akan dijadikan pembangkit listrik tenaga angin, karena itu dibutuhkan alat yang dapat mengukur kecepatan angin secara terus menerus agar mendapatkan hasil yang maksimal, dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga angin

sulitnya pemilihan tempat yang cocok untuk pembangunan apalagi banyaknya lokasi dan kriteria yang akan menjadi calon tempat pembangunan pembangkit listrik tenaga angin, karena itu peneliti tertarik untuk mengembangkan alat untuk memantau kecepatan angin terus menerus serta pendukung keputusan untuk pemilihan tempat pembangunan pembangkit listrik tenaga angin skala kecil.

Untuk mendapatkan hubungan kubik dengan daya, kecepatan angin merupakan data terpenting yang dibutuhkan untuk menaksir potensial daya dari calon tempat. Angin tidak pernah tinggal tetap pada suatu tempat. Hal ini dipengaruhi oleh sistem cuaca, tanah lapang lokal dan ketinggian dari permukaan tanah [7]

Berdasarkan hal diatas, penulis tertarik untuk menerapkan dan mengembangkan IoT (*Internet of Things*) untuk membantu memantau sumber daya angin khususnya kecepatan angin, dapat dipantau dengan menggunakan *web* agar dapat di akses dengan mudah dan dapat mendukung keputusan pemilihan tempat pembangkit listrik tenaga angin, alat ini terdiri dari NodeMCU, sensor anemometer dan modul SIM900A. Diharapkan alat ini dapat memantau kecepatan angin pada beberapa lokasi dan dapat ditampilkan pada *web* untuk dapat sebagai pendukung keputusan pemilihan tempat pembangkit listrik tenaga angin sekala kecil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Metode SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique)

Menurut Kusfiahningsih, Anamisa dkk (2013), SMART merupakan metode pengambilan keputusan yang multi atribut. Teknik pembuatan keputusan multi atribut ini digunakan untuk membantu stakeholder dalam memilih antara beberapa alternatif. Setiap alternatif terdiri dari sekumpulan atribut dan setiap atribut mempunyai nilai-nilai, nilai ini di rata-rata dengan skala tertentu. Setiap atribut mempunyai bobot yang menggambarkan seberapa penting ia dibandingkan dengan atribut lain. Dengan SMART pembobotan atribut dilakukan dengan dua langkah yaitu:

1. Mengurutkan kepentingan suatu atribut dari level terburuk ke level terbaik.
2. Membuat perbandingan rasio kepentingan setiap atribut dengan atribut lain di bawahnya.

SMART lebih banyak digunakan karena kesederhanaan dalam merespons kebutuhan pembuat keputusan dan caranya menganalisa respons. Analisa yang terlibat adalah transparan sehingga metode ini memberikan pemahaman masalah yang tinggi dan dapat diterima oleh pembuat keputusan. Pembobotan pada SMART menggunakan skala antara 0 sampai 1, sehingga mempermudah perhitungan dan perbandingan nilai pada masing-masing alternatif. [9]

Model yang digunakan dalam SMART:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m w_j u_j(a_i), \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{1}$$

Di mana :

- u(ai) : nilai total untuk alternatif ke-i
- wj : nilai bobot kriteria ke-j yang sudah ternormalisasi
- uj(ai) : nilai utility kriteria ke-j untuk alternatif ke-i

Langkah – langkah penyelesaian metode SMART secara umum adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kriteria yang akan digunakan
2. Menentukan alternatif yang akan digunakan
3. Memberi bobot pada setiap kriteria pada setiap alternatif
4. Hitung nilai normalisasi pada setiap kriteria disetiap alternatif

$$(W_j) \text{ normalisasi} = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \tag{2}$$

Di mana :

- Wj (normalisasi) adalah normalisasi bobot kriteria ke- j
- wj adalah nilai pembobotan kriteria ke- j dari k kriteria
- 5. Memberi nilai kriteria untuk setiap alternatif
- 6. Menghitung nilai utility untuk setiap kriteria masing-masing

Lebih kecil lebih baik

$$u_i(a_i) = \frac{C_{max} - C_{out}}{C_{max} - C_{min}} \tag{3}$$

Lebih besar lebih baik

$$u_i(a_i) = \frac{C_{out} - C_{min}}{C_{max} - C_{min}} \tag{4}$$

Di mana :

- Cout = nilai record
- Cmin = nilai minimal pada kriteria ke x
- Cmax = nilai maksimal pada kriteria ke x

7. Hitung nilai akhir masing - masing

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m w_j u_j(a_i), \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{5}$$

Di mana:

- u(ai) : nilai total untuk alternatif ke-i
- wj : nilai bobot kriteria ke-j yang sudah ternormalisasi
- uj(ai) : nilai utility kriteria ke-j untuk alternatif ke-i.

2.2. IoT (Internet of Things)

IoT (Internet of Things) merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus - menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan actuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen [2]

2.3. NodeMCU

NodeMCU pada dasarnya adalah pengembangan dari ESP 8266 dengan firmware berbasis e-Lua. Pada NodeMcu dilengkapi dengan micro usb port yang berfungsi untuk pemrograman maupun power supply. Selain itu juga pada NodeMCU dilengkapi dengan tombol push button yaitu tombol reset dan flash. NodeMCU menggunakan bahasa pemrograman Lu yang merupakan package dari esp8266. Bahasa Lua memiliki logika dan susunan pemrograman yang sama dengan c hanya berbeda syntax. Jika menggunakan bahasa Lua maka dapat menggunakan tool Lua loader maupun Lua uploder. Selain dengan bahasa Lua NodeMCU juga support dengan software Arduino IDE dengan melakukan sedikit perubahan board manager pada Arduino IDE [10]

2.4. Sensor Anemometer

Anemometer adalah sebuah alat pengujian atau biasa disebut alat pengukur kecepatan angin yang biasanya digunakan dalam bidang Meteorologi dan Geofisika atau stasiun prakiraan cuaca. Anemometer berfungsi untuk mengukur atau menentukan kecepatan angin. Selain mengukur kecepatan angin, alat ini juga dapat mengukur besarnya tekanan angin, cuaca, dan tinggi gelombang laut [11]

2.5. Modul SIM900A

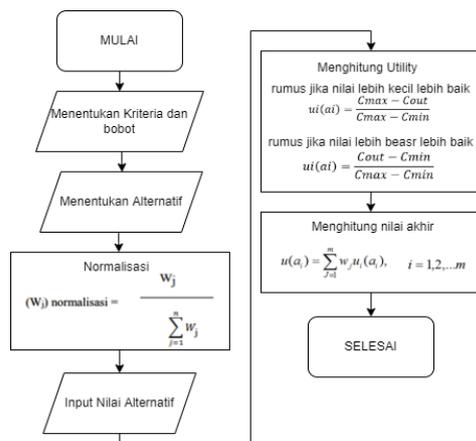
Modul komunikasi GSM/GPRS menggunakan core IC SIM900A. Modul ini mendukung komunikasi dual band pada frekuensi 900/1800 MHZ (GSM900 dan GSM1800) sehingga fleksibel untuk digunakan

bersama kartu SIM dari berbagai operator telepon seluler di Indonesia. Operator GSM yang beroperasi di *frekuensi* dual band 900 MHz dan 1800 MHz sekaligus : Telkomsel, Indosat, dan XL. Operator yang hanya beroperasi pada band 1800 MHz : Axis dan Three. [12]

3. METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Perhitungan Menggunakan Metode SMART

flowchart pada perhitungan menggunakan metode SMART dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Flowchart Perhitungan Metode SMART

Perhitungan menggunakan metode SMART, diawali dengan menentukan kriteria dan bobot yang di gunakan, kemudian menentukan alternative yang di gunakan, selanjutnya proses normalisasi dari kriteria yang digunakan, kemudian menambhkan nilai alternative dari setiap kriteria, selanjutnya menghitung utility dari setiap kriteria dari setiap alternatif, yang terakhir menghitung nilai akhir.

3.2. Flowchart Sistem Metode SMART

flowchart pada sistem menggunakan metode SMART dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

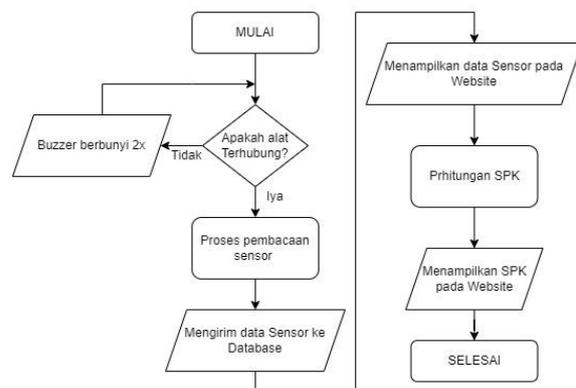


Gambar 2. Flowchart Sistem Metode SMART

Flowchart sistem metode SMART, diawali dengan memasukkan kriteria dan bobot, berikutnya memasukkan alternatif dan data setiap kriteria, sistem akan otomatis menghitung nilai normalisasi, utility, nilai akhir, perengkingan dari nilai akhir.

3.1 Flowchart Sistem

flowchart pada Sistem *monitoring* dan *web* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

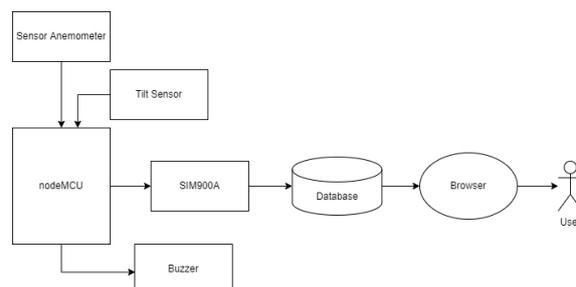


Gambar 3. Flowchart Sistem

Pada proses pertama terdapat deklarasi dan initialization pada alat yang ditandai dengan bunyi *buzzer* 2x, berikutnya terdapat pembacaan Sensor pada sensor anemometer dan tilt sensor selanjutnya terdapat pengiriman data sensor pada *database* dengan ditandai bunyi *buzzer* 1x, berikutnya terdapat menampilkan pada *web* yaitu data dari sensor yang tersimpan pada *database* yang ditampilkan berupa Grafik, ataupun tabel.

3.3. Blok Diagram Sistem

Blok Diagram pada Sistem *monitoring* dan *web* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



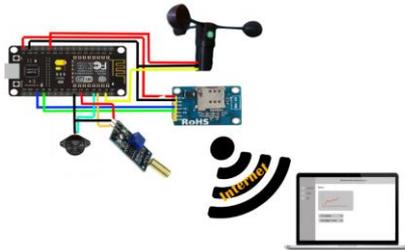
Gambar 4. Blok Diagram Sistem

Pada diagram blok diatas, Nodemcu akan mengecek koneksi internet jika tidak terkoneksi akan membunyikan *Buzzer* jika terkoneksi Sensor Anemometer dan Tilt Sensor akan mengirim data hasil sensor ke NodeMCU, berikutnya data yang terdapat pada NodeMCU dikirim ke SIM900A melalui data lalu dikirim dan disimpan ke *database*, selanjutnya *web* akan menampilkan halaman yang

datanya diambil dari *database* dan *user* menggunakan Browser untuk mengakses *web* tersebut

3.4. Desain Rangkaian Alat

Pada perancangan alat terdapat desain rangkaian alat, sensor dan *actuator* tersambung dan terhubung pada mikrokontroler yaitu NodeMCU, alat yang di rancang digunakan untuk memantau kecepatan angin di sekitar penempatan alat, data angin dikirim oleh alat ke server agar data dapat di olah, dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Desain Rangkaian Alat.

3.5. Desain Alat

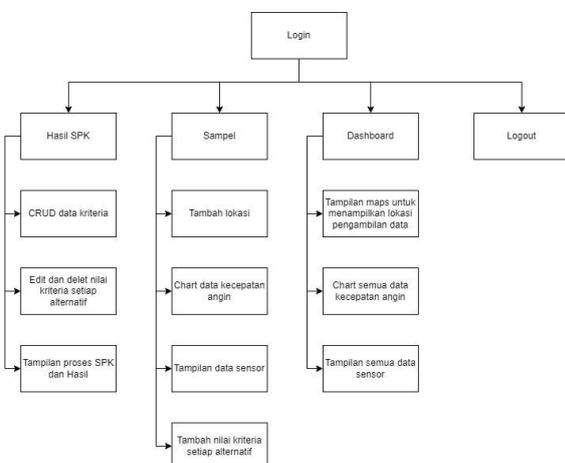
Pada perancangan alat terdapat desain alat di mana sensor kecepatan angin terletak pada ujung pipa dan rangkaian alat diletakan pada kotak hitam, dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Desain Alat.

3.6. Struktur Menu

Pada Struktur Menu web terdapat menu Dashboard sebagai menu utama, Sampel, dan Hasil SPK untuk menampilkan hasil perhitungan SPK, dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Struktur Menu web

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Hardware

Pada tahap implementasi *hardware* yaitu berupa alat yang terdapat sensor - sensor, *actuator*, mikrokontroler dan modul SIM, berfungsi untuk memantau kecepatan angin dan memantau kemiringan alat, yang dikirim ke *database* dan ditampilkan pada *web*.



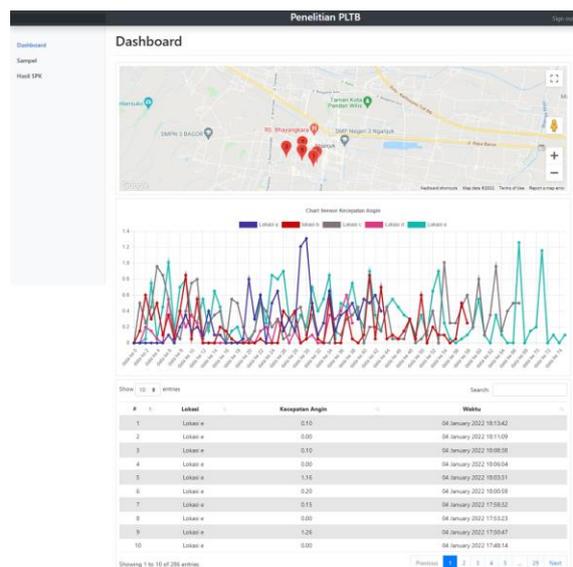
Gambar 8. Hasil Implementasi Hardware

4.2. Implementasi Software

Pada tahap implementasi *software* yaitu berupa *web* yang digunakan sebagai pemantau *hardware* dan terdapat pengambil keputusan tempat yang akan digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin. *web* yang akan dibuat sudah didesain pada tahap *prototype* yang akan diterapkan pada halaman *web* terdapat beberapa tampilan yaitu halaman *dashboard*, sampel, spk, *login*.

4.3. Halaman dashboard

Halaman *dashboard* digunakan untuk memantau keseluruhan dari data sensor dari semua lokasi, dapat dilihat pada Gambar 9

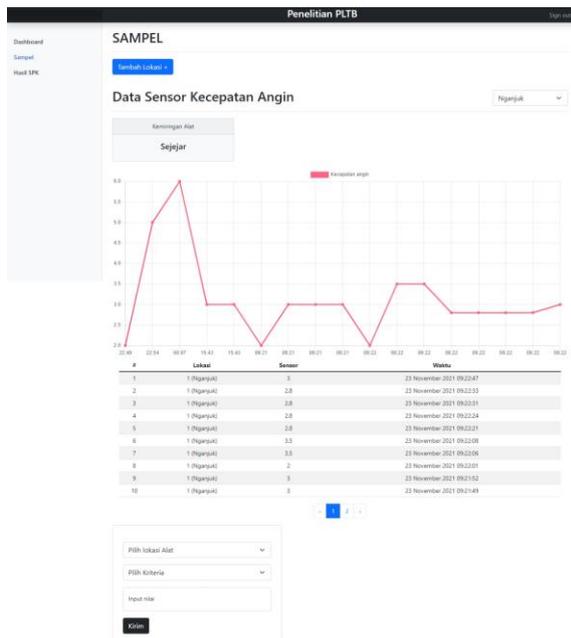


Gambar 9. Halaman Dashboard

4.4. Halaman Sampel

Halaman *sampel* digunakan untuk memantau data sensor pada setiap lokasi terdapat *input* untuk

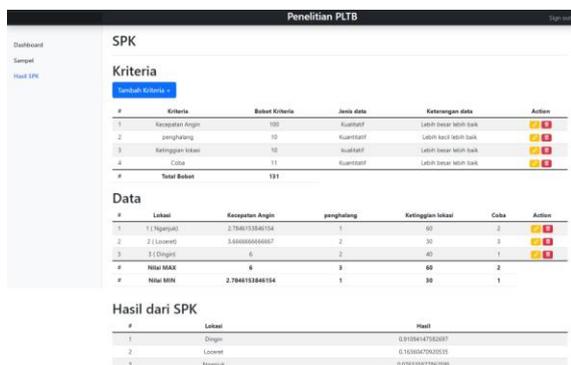
menambah lokasi dan memasukkan nilai kriteria, dapat dilihat pada gambar 10



Gambar 10. Halaman Sampel

4.5. Halaman SPK

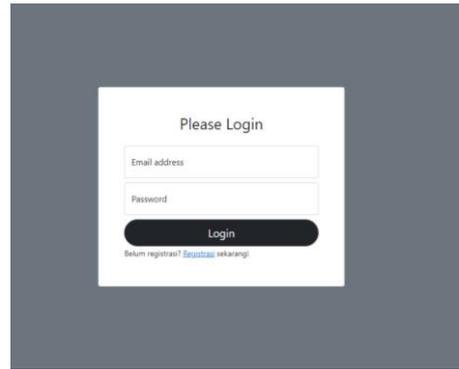
Halaman SPK digunakan untuk menampilkan kriteria yang digunakan dan data yang sudah didapat serta hasil dari perhitungan dari spk menggunakan metode SMART yaitu dengan hasil berupa pengurutan dengan hasil tertinggi hingga terendah.



Gambar 11. Halaman SPK

4.6. Halaman Login

Halaman login digunakan untuk masuk ke dalam menu admin di mana hanya akun yang sudah terdaftar pada database yang bisa masuk. Dapat dilihat pada gambar 12



Gambar 12. Halaman login

4.7. Pengujian Hardware

Dari hasil implementasi hardware berupa alat untuk memantau kecepatan angin dan memantau kemiringan alat tersebut, akan dilakukan pengujian terhadap fungsi, keakuratan sensor dan pengiriman data ke database.

4.8. Pengujian sensor Anemometer

Pengujian sensor anemometer dilakukan dengan cara menampilkan pembacaan sensor yang ditampilkan pada serial monitor pada arduino IDE, di mana dibandingkan dengan anemometer tester diuji pada kecepatan angin yang setabil yaitu menggunakan kipas angin.



Gambar 13. Pengujian sensor

```
21:56:49.370 -> rps=1.00 rpm=60.00 velocity_ms=1.26 velocity_kmh=4.52
21:56:49.464 -> Send data to server
21:57:14.367 -> rps=1.00 rpm=60.00 velocity_ms=1.26 velocity_kmh=4.52
21:57:14.461 -> Send data to server
21:57:39.378 -> rps=1.00 rpm=60.00 velocity_ms=1.26 velocity_kmh=4.52
21:57:39.424 -> Send data to server
21:58:04.383 -> rps=1.32 rpm=79.20 velocity_ms=1.66 velocity_kmh=5.97
21:58:04.429 -> Send data to server
21:58:29.376 -> rps=1.00 rpm=60.00 velocity_ms=1.26 velocity_kmh=4.52
21:58:29.423 -> Send data to server
21:58:54.364 -> rps=1.28 rpm=76.80 velocity_ms=1.61 velocity_kmh=5.79
21:58:54.457 -> Send data to server
21:59:19.387 -> rps=1.20 rpm=72.00 velocity_ms=1.51 velocity_kmh=5.43
21:59:19.434 -> Send data to server
21:59:44.382 -> rps=1.16 rpm=69.60 velocity_ms=1.46 velocity_kmh=5.25
21:59:44.429 -> Send data to server
22:00:09.383 -> rps=1.24 rpm=74.40 velocity_ms=1.56 velocity_kmh=5.61
22:00:09.430 -> Send data to server
22:00:34.389 -> rps=1.44 rpm=86.40 velocity_ms=1.81 velocity_kmh=6.51
22:00:34.436 -> Send data to server
```

Gambar 14. Serial monitor sensor Anemometer

Berdasarkan pengujian sensor anemometer diatas sensor dapat berjalan dengan baik karena dapat memunculkan kecepatan angin dengan status km/jam, m/s, dapat dilihat pada Gambar 14

Tabel 1. Pengujian sensor anemometer

No	Sensor Anemometer	Selisih	Anemometer Tester	Presentase error
1	1.26	0.04	1.3	3,1%
2	1.26	0.04	1.3	3,1%
3	1.26	0.06	1.2	5,0%
4	1.66	0.06	1.6	3,8%
5	1.26	0.04	1.3	3,1%
6	4.15	0.15	4.0	3,8%
7	3.90	0.10	4.0	2,5%
8	3.90	0.10	4.0	2,5%
9	3.52	0.08	3.6	2,2%
10	3.02	0.02	3.0	0,7%
Rata-rata presentase error				3,0%

Berdasarkan tabel 1 diketahui bahwa sensor anemometer bekerja cukup baik untuk mendeteksi kecepatan angin, pada pengujian diatas mendapatkan hasil rata-rata presentase error 3,0% dan error terendah 0,7% dan presentasi error tertinggi 5,0%.

4.9. Pengujian sensor tilt

Pengujian sensor tilt dilakukan dengan cara menguji kemiringan pada alat, di mana saat alat miring maka pada sensor tilt seharusnya bernilai 1 sedangkan saat alat sejajar maka akan bernilai 0, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 15. Pengujian sensor tilt

```
10:42:02.876 -> Tilt : 0
10:42:02.876 -> Send data to server
10:44:35.634 -> Tilt : 1
10:44:35.634 -> Send data to server
```

Gambar 16. Hasil pengujian tilt

Berdasarkan pengujian diatas sensor berjalan dengan baik di mana jika alat terguling maka sensor akan memunculkan nilai 1 sedangkan jika berdiri dengan sejajar maka akan memunculkan nilai 0.

Tabel 2. Pengujian sensor tilt

No	Sensor tilt	Kondisi alat
1	0	Sejajar
2	1	Miring
3	0	Sejajar
4	1	Miring
5	0	Sejajar

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa pengujian sensor kemiringan diatas sensor berjalan dengan semestinya pada saat sensor miring atau roboh maka akan bernilai 1 jika lurus atau sejajar maka bernilai 0

4.10. Pengujian SIM900A

Pengujian pada modul SIM900A yang di mana modul ini akan diuji pengiriman data dari sensor dan dikirim ke web melalui database, untuk mengirimkan data pada web modul ini harus terpasang kartu GSM yang terdapat paket data, maka modul ini tergantung pada sinyal dari kartu GSM jika tidak dapat sinyal maka alat akan terus mencari sinyal dan data yang akan dikirim tidak terkirim.



Gambar 17. Pengujian modul sim900a

```
08:45:46.198 -> AT\r\nAT
08:45:51.103 ->
08:45:51.103 -> OK
08:45:56.086 -> AT+SAPBR=3,1,"CONTYEE","GPRS"\r\nAT+SAPBR=3,1,"CONTYEE","GPRS"
08:46:01.149 ->
08:46:01.196 -> OK
08:46:06.118 -> AT+SAPBR=3,1,"APN","3gprs"\r\nAT+SAPBR=3,1,"APN","3gprs"
08:46:11.181 ->
08:46:11.181 -> OK
08:46:16.150 -> AT+SAPBR=1,1\r\nAT+SAPBR=1,1
08:46:21.203 ->
08:46:21.203 -> OK
08:46:26.172 -> AT+SAPBR=2,1\r\nAT+SAPBR=2,1
08:46:31.209 ->
08:46:31.209 -> +SAPBR: 1,1,"10.137.28.182"
08:46:31.256 ->
08:46:31.256 -> OK
08:46:36.179 -> AT+HTTPIPINIT\r\nAT+HTTPIPINIT
08:46:41.226 ->
08:46:41.226 -> OK
08:46:46.195 -> AT+HTTTPARA="CID",1\r\nAT+HTTTPARA="CID",1
08:46:51.258 ->
08:46:51.258 -> OK
08:46:56.227 -> AT+HTTTPARA="URL","sipeneliti.com/sensor?kode_lokasi=1sanemomet
08:47:16.337 ->
08:47:16.337 -> OK
08:47:17.839 -> AT+HTTTPREAD\r\nAT+HTTTPREAD
08:47:25.855 ->
08:47:25.855 -> OK
08:47:25.855 ->
08:47:25.855 -> +HTTTPACTION:0,200,0
```

Gambar 18. Hasil pengujian sim900a

Berdasarkan apa yang diuji pada modul sim900a diatas pada Gambar 18 akan mengecek koneksi alat dengan modul jika berstatus ok maka terkoneksi dengan baik, berikutnya terdapat mengatur koneksi pada GPRS, mengatur APN dari kartu GSM yang digunakan, berikutnya mengaktifkan GPRS, dan memeriksa IP, selanjutnya mengaktifkan mode HTTP, mengatur pembawa HTTP, Selanjutnya mengirim URL yang akan diakses berupa link https yang ada pada web server, berikutnya mulai HTTP GET dan mengirim ke server, dan membaca respon server jika 200 maka berhasil berjalan dengan

semestinya, dan data terkirim pada *web* bisa dilihat pada Gambar 19

#	Lokasi	Sensor	Waktu
1	1 (Nganjuk)	0.00	25 November 2021 08:46:34

Gambar 19. Hasil data terkirim pada *database*

Tabel 3. Pengujian modul sim900a

Pengiriman ke	Terhubung ke server	Data berhasil dikirim
1	ya	ya
2	ya	ya
3	ya	ya
4	ya	ya
5	ya	ya
6	Ya	ya
7	Ya	ya
8	Ya	ya
9	Tidak	Tidak
10	Tidak	Tidak

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa saat modul sim tidak memperoleh sinyal maka data yang akan dikirim tidak terkirim, sedangkan jika modul sim memperoleh sinyal maka pengiriman data berjalan semestinya.

4.11. Pengujian Software

Dari hasil implementasi *software* berupa halaman *web* akan dilakukan pengujian terhadap *web* dari segi fungsi, kinerja sistem ataupun komunikasi tampilan terhadap *server*.

4.12. Pengujian fungsional menu

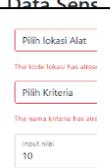
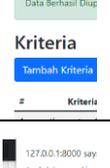
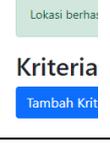
Tabel 4. Pengujian fungsional

Hak akses	Fungsi	Google Chrome 96.0.4	Microsoft edge 96.0.1	Mozilla firefox 95.0.2
User	Halaman <i>Login</i>	✓	✓	✓
	Halaman <i>Dashboard</i>	✓	✓	✓
	Halaman Sampel	✓	✓	✓
	Halaman Tambah lokasi	✓	✓	✓
	Halaman Tambah Kriteria	✓	✓	✓
	Halaman SPK	✓	✓	✓
	Halaman edit lokasi	✓	✓	✓
	Halaman hapus lokasi	✓	✓	✓
	Halaman edit kriteria	✓	✓	✓
Halaman hapus kriteria	✓	✓	✓	

Berdasarkan tabel 4 diketahui bahwa hasil uji *software* dengan fungsi seperti pada tabel 4 menggunakan *browser* Google Chrome, Microsoft edge dan Mozilla firefox berjalan dengan baik, semua menu dan tampilan pada *web* dapat berfungsi dan tampil sesuai harapan.

4.13. Pengujian sistem dengan black box

Tabel 5. Pengujian sistem dengan black box

No	Kasus uji	Output yang diharapkan	Output program	Bukti
1	Akses halaman <i>login</i> dengan akun yang tidak terdaftar	Menampilkan pesan bahwa <i>login</i> gagal	Menampilkan pesan bahwa "login gagal"	
2	Fitur sampel menambah lokasi yang sudah ada	Menampilkan pesan <i>error</i> bahwa lokasi sudah ada	Menampilkan pesan "The nama lokasi has already been taken".	
3	Fitur sampel menambah data kriteria yang sudah ada	Menampilkan pesan bahwa data kriteria sudah diisi	Gagal memasukkan data bahwa data sudah ada dengan field primary key	
4	Fitur sampel menambah kriteria dengan data sudah ada	Menampilkan pesan bahwa kriteria sudah diisi	Menampilkan pesan "The nama kriteria has already been taken".	
5	Fitur SPK mengedit kriteria dan tidak mengubah data	Menampilkan pesan bahwa data berhasil di rubah	Menampilkan pesan bahwa "Data Berhasil Diupdate!"	
6	Fitur SPK menghapus kriteria dengan tidak sengaja	Menampilkan pesan konfirmasi apakah ingin menghapus	Menampilkan pesan bahwa "Apakah kamu yakin untuk Hapus Kriteria ?"	
7	Fitur SPK mengedit lokasi tanpa mengubah data	Menampilkan pesan bahwa data berhasil di rubah	Menampilkan pesan bahwa "Data Berhasil Diupdate!"	
8	Fitur SPK hapus lokasi dengan tidak sengaja	Menampilkan pesan konfirmasi apakah ingin menghapus	Menampilkan pesan bahwa "Apakah kamu yakin untuk Hapus Lokasi dan Data ?"	

Berdasarkan tabel 5 diketahui bahwa pengujian sistem menggunakan metode *Black Box* dengan kasus uji seperti tabel 5 berjalan dengan baik, sistem dapat menangani aksi dari user berupa *input* yang salah

ataupun yang benar dengan baik dan dapat menampilkan pesan peringatan.

4.14. Perhitungan manual

- a. Menentukan kriteria yang akan digunakan, pada kasus ini kriteria yang akan digunakan yaitu kecepatan rata-rata angin, ketinggian lokasi, luas lokasi bisa dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Kriteria yang di gunakan

Kriteria	Bobot
Kecepatan rata-rata angin	90
Ketinggian lokasi	10
Luas lokasi	15

Pemberian bobot pada kriteria pada tabel 6 pada kecepatan rata-rata angin memiliki bobot paling besar yaitu 90, ketinggian lokasi 10, Luas lokasi 15. Total dari bobot boleh lebih dari 100 dikarenakan bobot masih akan di Normalisasi agar total dari semua bobot menjadi bernilai 1

- b. Menentukan alternatif yang akan digunakan, pada kasus ini saya menggunakan 5 data yang dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7. Alternatif

Alternatif
Lokasi a
Lokasi b
Lokasi c
Lokasi d
Lokasi e

Pada tabel 7 terdapat 5 alternatif yaitu lokasi a, lokasi b, lokasi c, lokasi d, dan lokasi e

- c. Hitung nilai normalisasi pada setiap kriteria disetiap alternatif dengan membandingkan nilai bobot kriteria dengan jumlah bobot kriteria. :

$$\frac{90}{115} = 0,783 \text{ lakukan hingga semua kriteria dan di}$$

jumlah dari hasil normalisasi harus bernilai 1.

Tabel 8. Normalisasi Kriteria

Kriteria	Normalisasi
Kecepatan rata-rata angin	0,783
Ketinggian lokasi	0,087
Luas lokasi	0,130
Total	1

Pada tabel 8 merupakan hasil dari perhitungan normalisasi dari bobot, total bobot yang sebelumnya 115 di normalisasi maksimal menjadi 1 agar total tidak terlalu besar dan mudah untuk dihitung.

- d. Memberi nilai kriteria untuk setiap alternatif, pada kasus ini nilai pada kriteria dari setiap alternatif dapat dilihat pada tabel 9

Tabel 9. Nilai Alternatif

Alternatif	Kecepatan rata-rata angin	Ketinggian lokasi	Ketinggian lokasi
Lokasi a	0,293636364	58	20
Lokasi b	0,190677966	58	46
Lokasi c	0,3085294	61	40
Lokasi d	0,135897436	56	30
Lokasi e	0,347763158	58	33

Pada tabel 9 berisi data yang didapat dari alternatif pada setiap kriteria yaitu kriteria Kecepatan rata-rata angin, Ketinggian lokasi, dan Luas lokasi

- e. Menghitung nilai utility untuk setiap kriteria masing-masing

Contoh perhitungan kriteria pertama yaitu kecepatan rata-rata angin pada lokasi a :

Rumus :

Lebih kecil lebih baik

$$u_i(a_i) = \frac{C_{max} - C_{out}}{C_{max} - C_{min}}$$

Lebih besar lebih baik

$$u_i(a_i) = \frac{C_{out} - C_{min}}{C_{max} - C_{min}}$$

Pada kriteria kecepatan rata-rata angin menggunakan rumus lebih besar lebih baik karena semakin besar nilai kecepatan angin semakin bagus.

$$u_i(a_i) = \frac{0,293 - 0,135}{0,347 - 0,135} = 0744 \text{ lakukan pada semua}$$

kriteria dari setiap alternatif lokasi, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 10

Tabel 10. Menghitung utility Alternatif

Alternatif	Kecepatan rata-rata angin	Ketinggian lokasi	Ketinggian lokasi
Lokasi a	0,744523	0,4	0
Lokasi b	0,258562497	0,4	1
Lokasi c	0,814817868	1	0,769230769
Lokasi d	0	0	0,384615385
Lokasi e	1	0,4	0,5

Pada tabel 10 merupakan hasil dari perhitungan utility, terdapat 2 rumus utility yaitu lebih besar lebih baik dan lebih kecil lebih baik artinya setiap kriteria harus ditentukan apakah kriteria tersebut sebaiknya memiliki nilai yang lebih besar lebih baik atau lebih kecil lebih baik, pada penelitian ini pada kriteria Kecepatan rata-rata angin, Ketinggian lokasi, dan Luas lokasi menggunakan rumus lebih besar lebih baik

- f. Hitung nilai akhir masing – masing alternatif

Contoh perhitungan nilai akhir pada alternatif pertama yaitu lokasi a

Rumus :

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m w_j u_j(a_i),$$

Wj adalah hasil dari normalisasi bobot kriteria dan ui(ai) adalah hasil penentuan nilai utiliti.

$(0,744 \cdot 0,783) + (0,4 \cdot 0,087) + (0 \cdot 0,130) = 0,617$
 lakukan pada semua alternatif, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 11

Tabel 11. Hasil Alternatif

Alternatif	Nilai akhir
Lokasi a	0,617452874
Lokasi b	0,36757065
Lokasi c	0,824974519
Lokasi d	0,050167224
Lokasi e	0,882608696

Dari hasil perhitungan dengan metode SMART pada tabel 11 diperoleh alternatif yang memiliki nilai akhir paling tertinggi adalah lokasi e.

4.15. Pengujian manual dan sistem

Tabel 12. pengujian perhitungan maual dan sistem

Alternatif	Perhitungan manual	Perhitungan sistem	Presentase error
Lokasi a	0,617	0,617452874	1,0%
Lokasi b	0,368	0,36757065	1,0%
Lokasi c	0,825	0,824974519	1,0%
Lokasi d	0,050	0,050167224	1,0%
Lokasi e	0,883	0,882608696	1,0%
	Rata-rata presentase error		1,0%
	akurasi		99%

Berdasarkan tabel 12 diketahui bahwa presentase dari perhitungan manual dan sistem cukup memuaskan, penerapan perhitungan pada sistem menghasilkan rata-rata presentase error 1,0% dengan akurasi 99%.

Dari hasil perhitungan lokasi e memiliki nilai hasil tertinggi yaitu 0,882608696 namun di lokasi e rata-rata kecepatan angin masih rendah yaitu 0,347763158, dari pernyataan tersebut masih kurang potensi karena masih kurang dari 3,0.

Tabel 13. Potensi angin

Kelas	Kec. Angin (m/s)	Daya Spesifik
Kurang Potensi	< 3,0	<45
Potensi Renah (Skala kecil)	3,0 – 4,0	<75
Potensi Menengah (Skala Menengah)	4,1 – 5,0	75 - 150
Potensi Tinggi (Skala Besar)	> 5,0	>150

Sumber: [13]

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan rancangan pada penelitian terdapat beberapa kesimpulan yang didapatkan: Pengujian sensor anemometer mendapatkan hasil pengujian dengan rata-rata presentase error 5,0%, pengujian modul sim900a berjalan dengan baik, pengujian web semua menu dan tampilan pada web dapat berfungsi dan tampil sesuai harapan, pengujian Metode SMART secara manual dan sistem mendapatkan hasil memuaskan, penerapan perhitungan pada sistem menghasilkan rata-rata presentasi error 1,0% dengan

akurasi 99%, dari keterangan tersebut perhitungan metode pada sistem bekerja sesuai harapan, hasil dari pendukung keputusan dengan metode SMART mendapatkan hasil dengan alternatif lokasi e merupakan alternatif dengan nilai tertinggi yaitu dengan nilai 0.882608696 namun di lokasi e rata-rata kecepatan angin masih rendah yaitu 0,347763158, dari pernyataan tersebut masih kurang potensi karena kecepatan angin masih kurang dari 3,0, berdasarkan hasil tersebut masih dibutuhkan analisa kembali dari hasil pendukung keputusan dari sistem.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Menakawati, "http://lib.ui.ac.id/file," 2008. [Online]. Available: [http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/124246-T%20355.45%202008%20\(10\)-kemampuan%20pt-pendahuluan.pdf](http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/124246-T%20355.45%202008%20(10)-kemampuan%20pt-pendahuluan.pdf)

[2] Y. Efendi, "INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, No. 1*, vol. 4, April 2018

[3] K. d. Riza Alfita, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Baterai Pembangkit Listrik," *TEKNIK, 42 (1), 2021, 35-44, 2021*

[4] A. Ridho Prabowoa, "Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Angin," *PRISMA FISIKA, No. 2*, vol. VI, pp. Hal. 94 - 100, 2018

[5] S. d. Dedi Suryadi, "Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Angin Optocoupler dengan SMS," *ROTASI, Vol. 21 No. 3*, pp. Hal. 187-192, Juli 2019.

[6] U. R. Ismail, "ALAT PENGUKUR KECEPATAN DAN ARAH ANGIN".

[7] G. d. Ruben Maychel, "Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer no. 1*, vol. 8, Januari-April 2019

[8] W. H. Antonov Bachtiar, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin," *TEKNIK ELEKTRO ITP*, vol. 7, pp. 35 - 45, 2018

[9] K. M. Tisa Magrisa, "IMPLEMENTASI METODE SMART PADA SISTEM PENDUKUNG," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 13, pp. 49 - 55, 2018.

[10] "NodeMcu," [Online]. Available: https://eprints.akakom.ac.id/4914/3/3_143310009_BAB_ll.pdf.

[11] "anemometer," [Online]. Available: <http://www.alatuji.com/kategori/510/anemometer>

[12] I. G. Wildana, 2016. [Online]. Available: <https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/75936/Iqbal%20Gilang%20Wildana%20-%20131903102023%20-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[13] D. N. d. Adhi Prasetyo, "STUDI POTENSI PENERAPAN DAN PENGEMBANGAN," *Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan*, pp. 1-12, 2018