

## ALAT UKUR KECEPATAN ANGIN, ARAH ANGIN, DAN KETINGGIAN

### *WIND SPEED, WIND DIRECTION, AND ALTITUDE MEASURING DEVICE*

Trisna Nur Robby<sup>1</sup>, Mohamad Ramdhani<sup>2</sup>, Cahyantari Ekaputri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[trisanurrobby@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:trisanurrobby@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[mohamadramdhani@yahoo.com](mailto:mohamadramdhani@yahoo.com),

<sup>3</sup>[cahyantarie@telkomuniversity.ac.id](mailto:cahyantarie@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Energi merupakan satu dari sekian banyak masalah yang dialami oleh setiap negara. Energi listrik dari generator berbahan bakar fosil yang selama ini menjadi sumber energi utama di kebanyakan negara di dunia sudah semakin langka. Maka perlu adanya pemanfaatan sumber energi dalam bentuk lain untuk menghasilkan energi listrik, karena suatu saat nanti energi fosil pasti akan habis. Energi angin adalah salah satu alternatif energi yang bisa digunakan di beberapa wilayah di Indonesia karena energi angin merupakan energi alam yang tidak memiliki dampak kimia yang berbahaya. Namun tidak semua orang tahu dimana tempat yang layak untuk dibangun turbin angin.

Maka dari itu pembaca diharapkan mampu memahami dimana tempat yang layak untuk dimanfaatkan tenaga anginnya untuk dibangun turbin angin. Alat pengukur kecepatan angin, arah angin, dan ketinggian adalah salah satu cara untuk mendeteksi tempat-tempat yang layak untuk dimanfaatkan tenaga anginnya. Alat ukur telah dirancang yang terdiri dari catu daya, kendali mikro dan LCD, rangkaian rotary encoder berupa modul TCRT5000, potensiometer untuk penunjuk arah angin, dan modul pengukur tekanan berupa sensor BME 280.

Standarisasi alat dilakukan dengan pengujian terhadap anemometer Benetech GM-816. Ketepatan pengujian pengukuran kecepatan angin sebesar 96,18%. Penentu arah angin menggunakan sebuah bilah untuk menentukan 8 arah angin dengan ketepatan pengujian sebesar 96,625%. Meskipun begitu penunjukan yang terbaca tetap menampilkan arah yang tepat. Pengujian pengukuran ketinggian dilakukan dengan pengujian perbandingan terhadap meteran Soligen. Ketepatan pengujian adalah sebesar 84,20%.

**Kata Kunci:** Energi alternatif, pemanfaatan energi angin di Indonesia, alat ukur, kecepatan angin, arah angin, ketinggian.

#### Abstract

Energy is one of many problems that is happening in every countries. Electricity from the generator with the fossil fuel that most countries have been using is getting rare. So we need the use of another source of energy to produce electricity because soon we will run out the energy from fossil fuel. Wind energy is one of many alternative energy that can be used in many places in Indonesia because wind energy doesn't have dangerous chemical impact. But not everyone knows where the effective places to install the wind energy power plants are.

So the writer hope Indonesian people can know the places that are capable enough to use the wind energy there to be used as power plant. Wind speed, wind direction, and altitude measuring device is one way to find out the places that are capable enough to use the wind energy there. The measuring device had been designed with power source, microcontroller and LCD, TCRT5000 module as rotary encoder, potentiometer as wind direction sensor, and BME 280 as pressure measuring module.

Standarization of device tested by the anemometer Benetech GM-816. The testing for wind speed had accuracy of 96,18% for comparison. The wind direction indicator using fin to point 8 wind directions with the testing accuracy of 96,625%. But the indicator from the device still show the same direction with the direction point for comparison. The testing of height measurement tested by the Soligen meter gauge. The accuracy of 84,20% for comparison.

**Keywords:** Alternative energy, the use of wind power in Indonesia, measuring device, wind speed, wind direction, altitude.

## 1. Pendahuluan

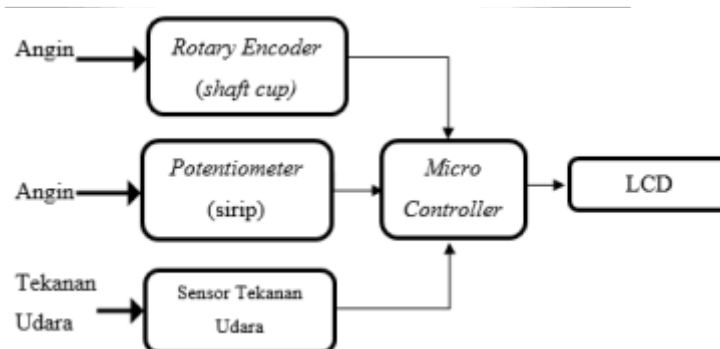
Kelangkaan energi listrik semakin lama semakin terasa. Adanya pemadaman bergilir di beberapa wilayah di Indonesia yang dampaknya sangat terasa sekali untuk masyarakat yang sedang beraktifitas. Tidak hanya masyarakat, perusahaan besar pun masih sering merasakan masalah ini meskipun perusahaan besar memiliki sumber tenaga listrik cadangan berupa generator. Akan tetapi terkadang sumber cadangan tidak mampu menutupi kebutuhan listrik secara keseluruhan karena sumber cadangan tersebut dibutuhkan untuk menyalurkan listrik ke mesin-mesin utama untuk tujuan tercapainya target produksi yang diinginkan. Jika dipaksakan untuk digunakan ke sistem secara keseluruhan, maka dampaknya akan membuat motor-motor pada mesin rusak karena sedang bekerja pada beban maksimal tetapi daya yang diberikan kurang. Untuk itu perlu digunakan sumber energi bentuk lain. Angin adalah salah satu pilihan yang tepat. Tapi berapa kecepatan angin yang layak untuk dijadikan sumber tenaga pembangkit listrik tenaga angin itu?

Angin merupakan sumber energi dari alam yang tidak akan pernah habis dan tidak memiliki resiko kimia yang sangat berbahaya. Karena cadangan dan produksi bahan bakar minyak bumi (fosil) di Indonesia mengalami penurunan 10% setiap tahunnya sedangkan tingkat konsumsi minyak rata-rata naik 6% per tahun [1]. Maka dari itu angin adalah energi yang sangat direkomendasikan untuk dimanfaatkan hingga ke masa depan nanti. Pemilihan tempat yang memiliki angin yang konstan membutuhkan alat untuk mengukur kecepatan angin dan arah angin [2].

Alat ukur kecepatan angin, arah angin, dan ketinggian bisa menjadi salah satu cara untuk mencari tempat yang memiliki kecepatan angin yang cukup untuk dimanfaatkan energinya. Pemanfaatan alat ukur sejenis sekarang ini kebanyakan hanya untuk mengukur angin di suatu daerah yang berkaitan dengan identifikasi cuaca atau hanya sekedar mengukur kecepatan angin tanpa memiliki maksud dan tujuan untuk mencari tempat yang energinya mampu dimanfaatkan dengan maksimal. Dengan kemampuan berupa arah angin dan ketinggian diharapkan kedepannya nanti pembaca mampu menentukan sendiri tempat yang layak untuk dibangun turbin angin.

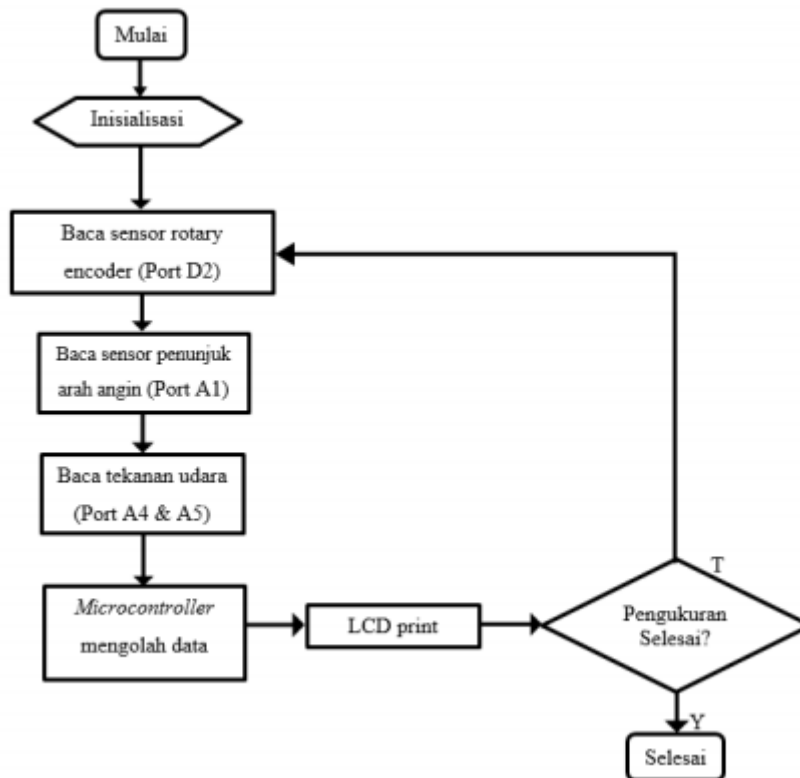
## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1. Perancangan Sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Gambar diatas merupakan ilustrasi kerja sistem dimana angin adalah sebagai masukan yang menggerakkan cup untuk berputar dan kemudian putaran tersebut akan dideteksi melalui modul TCRT5000. Kemudian angin juga sebagai masukan yang menggerakkan sirip mengikuti arah angin yang selanjutnya pergerakan tersebut memutar potensiometer. Kedua data tersebut menjadi kemudian diolah oleh microcontroller sehingga menghasilkan kecepatan angin dan arah angin. Tekanan udara yang ada pada lingkungan kemudian dideteksi oleh sensor BME 280 yang kemudian data tersebut masuk ke microcontroller untuk diolah, maka didapatkan nilai ketinggian.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Berdasarkan gambar 3-2 mula-mula sistem menginisialisasi apa saja parameter dan port mana saja yang akan digunakan. Kemudian TCRT5000 pada port D2 arduino nano akan mendeteksi perubahan warna. Perubahan warna akan menyebabkan perubahan masukan berupa 1 atau 0 yang akan diterima oleh arduino nano. Arduino nano akan menghitung berapa waktu yang dibutuhkan sensor TCRT5000 untuk membaca dari 1 ke 1 lagi. Angka waktu itu kemudian diolah sehingga mendapatkan nilai kecepatan.

Arah angin menggunakan potensiometer pada port A1. Tegangan masukan ke arduino berupa rentang 0 sampai 5 volt yang dipetakan dalam data digital 0 sampai 1023 oleh arduino nano. Angka 0 sampai 1023 itu yang kemudian diolah oleh arduino nano dan kemudian mendapatkan arah angin.

Pembacaan tekanan ini dari sensor BME 280 pada port A4 (SDA) dan A5 (SCL). Library sudah disediakan untuk menggunakan sensor ini sehingga kita tinggal memanggil besaran keluaran apa yang kita inginkan. Dalam diagram alir ini memanggil nilai ketinggian.

**2.2 Sistem Penghitung Kecepatan angin**

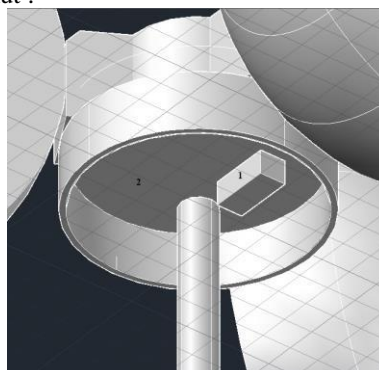
Kecepatan angin diukur dengan menggunakan sensor TCRT5000. TCRT5000 membaca putaran dari perubahan warna pada bagian yang terhubung dengan cup alat yang diputar oleh angin. Perbedaan waktu antara perubahan warna itu yang dijadikan acuan untuk mendapatkan nilai kecepatan angin.

$$\text{Kecepatan (m/s)} = 1/Y \times 2 \times \pi \times r \dots\dots\dots(1)$$

Y = Selang waktu antara perpindahan warna yang terdeteksi

r = panjang jari-jari tempat sensor TCRT5000 ditempatkan

Sistem akan dirancang seperti desain berikut :



Gambar 3 Peletakan Sensor TCRT5000

Keterangan gambar :

1. Sensor TCRT5000
2. Layar dengan warna yang berbeda untuk dibaca oleh sensor

**2.3 Sistem Penghitung Ketinggian**

Ketinggian ditunjukkan dengan menggunakan sensor BME280. Sensor ini sudah memiliki library tersendiri untuk pembacaannya. Tapi sensor ini tidak mampu mengukur nilai ketinggian secara langsung karena sensor ini hanya mampu mengukur nilai kelembaban, tekanan, dan suhu. Nilai ketinggian didapat dari nilai tekanan.

$$\text{Ketinggian (feet)} = (1 - (P/101325)^{0,190284}) * 145366,45 \dots\dots\dots (1)$$

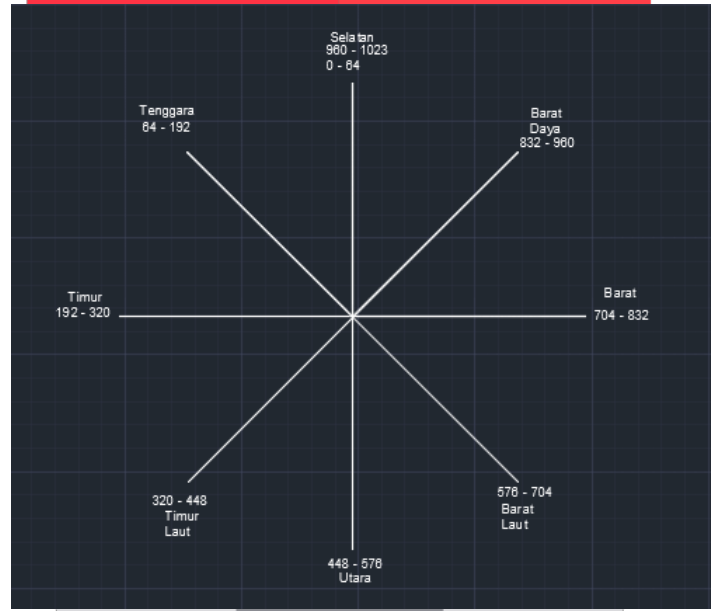
$$\text{Ketinggian (meter)} = \text{Ketinggian (feet)} * 0,3048 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : P = tekanan pada ketinggian terukur (millibars)

Nilai tekanan udara dipermukaan air laut tidak diperdulikan karena dalam sistem ini mengukur ketinggian dari atas permukaan tanah. Sistem harus diinisiasi terlebih dahulu dipermukaan tanah tempat dimana akan diukur nya kecepatan angin dan arah angin pada ketinggian tertentu.

**2.4 Sistem Penunjuk Arah Angin**

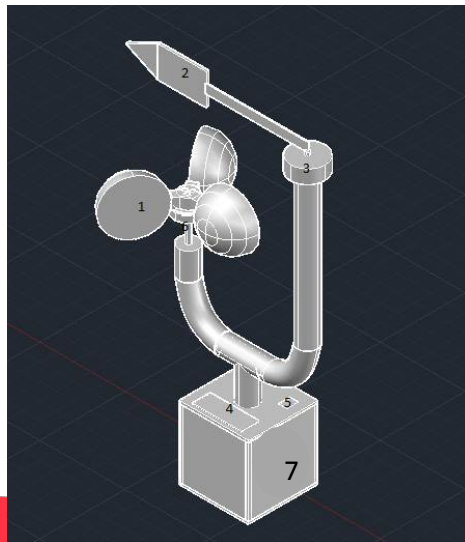
Penunjuk arah mata angin menggunakan potensiometer. Potensiometer akan membagi tegangan pada setiap arah angin tempat dimana potensiometer tersebut menunjuk. Tegangan tersebut tersebar dari 0 Volt sampai 5 Volt yang masih berupa sinyal analog. Lalu kemudian diubah menjadi digital oleh kendali mikro agar datanya mampu diproses.



**Gambar 4** Pemetaan Nilai data digital untuk Setiap Arah Mata Angin

**2.5 Desain Perangkat Keras**

Desain perangkat keras ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi AutoCAD 2015.



**Gambar 5** Tampak Keseluruhan

Keterangan gambar :

1. Mangkuk, sebagai penangkap angin sekaligus sebagai bagian yang berputar.
2. Sirip, sebagai penangkap angin yang kemudian bergerak mempengaruhi potensiometer untuk menunjukkan arah angin.
3. Potensiometer, sebagai penanda setiap arah angin. Dengan sistem pembagi tegangan yang linear terbagi sesuai dengan besarnya tahanan. Masing-masing tegangan mewakili arah angin.
4. LCD, tempat menampilkan nilai besaran yang diukur.
5. Sensor BME280, sebagai sensor yang mengukur nilai ketinggian.
6. Sensor TCRT5000, sebagai rotary encoder untuk menghitung kecepatan angin yang terukur..
7. Kotak sebagai wadah microcontroller, baterai, sistem dudukan alat, dan pengkabelan.

### 3. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil dan analisis dari percobaan alat adalah



**Gambar 6** Alat Tugas Akhir Dengan Sistem yang Sudah Terpasang

#### 3.1 Analisa daya tahan sistem mekanik dalam menahan angin

Pengujian dilakukan dengan cara menaruh alat didepan blower. Blower dioperasikan hanya sampai menghasilkan kecepatan angin hingga kecepatan angin 18 m/detik. Kecepatan tersebut sudah sangat kencang untuk dijadikan acuan pengujian kekuatan mekanik karena angin secepat itu hanya terjadi pada cuaca yang ekstrim.



**Gambar 7** Uji Kekuatan Alat Dengan Menggunakan Blower

Dapat dilihat bahwa dalam 8 menit alat diuji dengan menggunakan blower, sistem mekanik alat mampu menahan angin tersebut tanpa mengalami kerusakan apapun.

**3.2 Pengujian untuk Alat Penunjuk Ketinggian**

Pengujian dilakukan dengan membandingkan alat dengan sebuah meteran yang kemudian alat diletakan diujung meteran sebagai titik 0. Kemudian alat dinaikan keatas dengan memperhatikan penunjukan ketinggian alat mengacu pada meteran.

$$\text{Persentase Galat } (e) = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Persentase Ketepatan } (A_n) = 1 - \left[ \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

$Y_n$  adalah nilai terbesar dari hasil ketinggian yang diukur oleh meteran atau alat ukur ketinggian tugas akhir, sedangkan  $X_n$  adalah nilai terkecil dari hasil ketinggian yang diukur oleh meteran atau alat ukur ketinggian tugas akhir.

| No     | Ketinggian Terukur Menurut Meteran (Meter) | Ketinggian Terukur Menurut Alat Ukur Ketinggian (Meter) | Persentase Galat (%) $e_n$ | Persentase Ketepatan (%) $A_n$ |
|--------|--|---|----------------------------|--------------------------------|
| 1      | 1  | 1,33  | 24,81                      | 75,19                          |
| 2      | 2  | 2,57  | 22,18                      | 77,82                          |
| 3      | 3  | 3,46  | 13,29                      | 86,71                          |
| 4      | 4  | 4,43  | 9,7                        | 90,3                           |
| 5      | 5  | 5,76  | 13,19                      | 86,81                          |
| 6      | 6  | 6,71  | 10,58                      | 89,42                          |
| 7      | 7  | 8,42  | 16,86                      | 83,14                          |
| Jumlah |  |   | $\bar{e} = 15,8$           | $\bar{A} = 84,20$              |

Tabel 1 Perbandingan pengukuran ketinggian menggunakan meteran dengan menggunakan alat ukur ketinggian tugas akhir

Pengujian ini menunjukkan ketinggian dengan ketepatan akurasi 84,20%. Dan nilai galat sebesar 15,8%. Hal ini dikarenakan sensor yang rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan.

### 3.3 Pengujian kecepatan angin pada ketinggian tertentu di lingkungan PT. Conbloc Internusa

Analisa dibagi menjadi 3 waktu. Waktu pertama adalah antara pukul 9.00-12.00 WIB, waktu kedua adalah 12.00-15.00 WIB, waktu ketiga adalah 15.00-18.00 WIB. Sedangkan ketinggian dibagi menjadi 3. Ketinggian ditentukan menyesuaikan dengan lingkungan di PT. Conbloc Internusa yang diperbolehkan untuk pengambilan data.

Tabel 6 Hasil uji kelayakan kecepatan angin di lingkungan PT. Conbloc Internusa (Pagi, siang, sore)

|                    | Kecepatan angin (m/detik) |             |                            |                            |             |                            |                            |             |                            |
|--------------------|---------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
|                    | Ketinggian 1<br>(3 meter) |             | Ketinggian /<br>Arah Angin | Ketinggian 2<br>(12 meter) |             | Ketinggian /<br>Arah Angin | Ketinggian 3<br>(30 meter) |             | Ketinggian /<br>Arah Angin |
| 9.00-12.00         | 1,2                       | 1,32        | 4,04 / T                   | 2,0                        | 2,06        | 18,16 / T                  | 2,3                        | 2,51        | 31,38 / S                  |
|                    | 1,2                       | 1,22        | 4,12 / T                   | 1,8                        | 1,93        | 18,25 / T                  | 2,8                        | 2,78        | 31,05 / TE                 |
|                    | 0,9                       | 1,05        | 3,95 / T                   | 1,3                        | 1,44        | 18,25 / T                  | 2,7                        | 2,82        | 31,55 / TE                 |
|                    | 1,3                       | 1,02        | 3,95 / T                   | 1,4                        | 1,43        | 18,16 / T                  | 4,0                        | 4,26        | 31,97 / TE                 |
|                    | 1,6                       | 1,43        | 4,04 / T                   | 0,9                        | 1,29        | 17,91 / T                  | 3,7                        | 3,98        | 31,80 / TE                 |
|                    | 0,9                       | 0,85        | 4,87 / T                   | 0,8                        | 1,02        | 18,16 / T                  | 3,2                        | 3,44        | 31,72 / TE                 |
|                    | 0,7                       | 0,63        | 4,79 / T                   | 2,5                        | 2,36        | 18,58 / T                  | 3,1                        | 3,14        | 31,80 / TE                 |
|                    | 1,2                       | 0,70        | 4,27 / T                   | 2,7                        | 2,67        | 18,50 / T                  | 2,0                        | 2,70        | 31,80 / BD                 |
|                    | 1,5                       | 1,27        | 4,79 / T                   | 2,8                        | 3,08        | 18,16 / T                  | 2,1                        | 2,65        | 31,30 / TE                 |
|                    | 0,9                       | 1,08        | 5,04 / T                   | 2,9                        | 3,19        | 18,33 / T                  | 1,7                        | 1,90        | 31,26 / BD                 |
| <b>Rata-rata</b>   | <b>1,14</b>               | <b>1,06</b> | <b>4,39</b>                | <b>1,91</b>                | <b>2,05</b> | <b>18,25</b>               | <b>2,76</b>                | <b>3,02</b> | <b>31,56</b>               |
| <b>Galat % (̸)</b> | <b>7,18</b>               |             | <b>31,67</b>               | <b>6,83</b>                |             | <b>34,25</b>               | <b>8,61</b>                |             | <b>4,94</b>                |
| 12.00-15.00        | 0,0                       | 0,35        | 3,41 / TE                  | 1,2                        | 1,06        | 11,19 / T                  | 3,0                        | 2,96        | 28,45 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,33        | 3,25 / TE                  | 0,9                        | 0,98        | 11,03 / T                  | 3,1                        | 2,82        | 28,20 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,29        | 3,41 / TE                  | 0,8                        | 0,89        | 11,03 / T                  | 3,3                        | 2,85        | 28,37 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,19        | 3,33 / TE                  | 0,7                        | 0,75        | 11,11 / T                  | 3,0                        | 2,64        | 28,72 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,36        | 3,08 / TE                  | 1,1                        | 1,08        | 10,86 / T                  | 2,9                        | 2,38        | 28,72 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,00        | 3,66 / TE                  | 1,2                        | 1,10        | 11,11 / T                  | 2,3                        | 2,10        | 28,55 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,00        | 3,50 / TE                  | 1,8                        | 1,75        | 11,11 / T                  | 1,6                        | 1,66        | 28,48 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,00        | 3,58 / TE                  | 1,8                        | 1,72        | 11,36 / T                  | 3,7                        | 2,87        | 27,77 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,00        | 3,66 / TE                  | 1,9                        | 1,94        | 10,94 / T                  | 2,7                        | 2,31        | 28,32 / TE                 |
|                    | 0,0                       | 0,00        | 3,75 / TE                  | 1,9                        | 1,93        | 10,94 / T                  | 3,0                        | 2,96        | 28,11 / TE                 |
| <b>Rata-rata</b>   | <b>0,0</b>                | <b>0,15</b> | <b>3,46</b>                | <b>1,33</b>                | <b>1,32</b> | <b>11,07</b>               | <b>2,86</b>                | <b>2,56</b> | <b>28,37</b>               |
| <b>Galat % (̸)</b> | <b>100</b>                |             | <b>13,29</b>               | <b>0,75</b>                |             | <b>7,75</b>                | <b>10,49</b>               |             | <b>5,43</b>                |
| 15.00-18.00        | 0,0                       | 0,41        | 2,65 / TE                  | 1,9                        | 1,65        | 11,61 / TE                 | 1,1                        | 1,32        | 31,23 / T                  |

|                                      |              |             |             |             |             |              |             |             |              |
|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
|                                      | 0,0          | 0,29        | 2,73 / TE   | 1,8         | 1,69        | 11,36 / TE   | 1,1         | 0,98        | 31,21 / T    |
|                                      | 1,2          | 0,76        | 2,82 / TE   | 1,5         | 1,54        | 11,61 / TE   | 1,3         | 1,11        | 31,27 / T    |
|                                      | 1,0          | 0,82        | 2,90 / TE   | 1,9         | 1,69        | 11,61 / S    | 1,2         | 1,34        | 31,72 / T    |
|                                      | 0,7          | 0,82        | 2,82 / TE   | 1,6         | 1,67        | 11,53 / S    | 1,0         | 1,46        | 31,87 / T    |
|                                      | 0,0          | 0,41        | 2,82 / TE   | 1,4         | 1,49        | 11,53 / S    | 0,9         | 0,82        | 31,97 / T    |
|                                      | 1,4          | 1,13        | 3,07 / TE   | 0,9         | 1,13        | 11,61 / TE   | 0,7         | 0,79        | 31,48 / T    |
|                                      | 1,6          | 1,70        | 2,65 / S    | 1,1         | 1,08        | 11,78 / TE   | 1,1         | 0,92        | 31,69 / T    |
|                                      | 0,7          | 1,36        | 2,65 / S    | 1,7         | 1,44        | 11,86 / TE   | 0,9         | 1,03        | 31,71 / T    |
|                                      | 0,8          | 1,19        | 2,82 / S    | 1,5         | 1,54        | 11,70 / TE   | 1,2         | 1,29        | 31,22 / T    |
| <b>Rata-rata</b>                     | <b>0,74</b>  | <b>0,89</b> | <b>2,79</b> | <b>1,53</b> | <b>1,49</b> | <b>11,62</b> | <b>1,05</b> | <b>1,11</b> | <b>31,54</b> |
| <b>Galat % (<math>\sigma</math>)</b> | <b>16,85</b> |             | <b>7</b>    | <b>2,61</b> |             | <b>3,17</b>  | <b>5,4</b>  |             | <b>4,88</b>  |

Keterangan tabel : =   = Anemometer pabrik,   = Alat ukur kecepatan angin tugas akhir

T = Timur

TE = Tenggara

S = Selatan

BD = Barat Daya

B = Barat

BL = Barat Laut

U = Utara

TL = Timur Laut

Dari data kecepatan angin yang didapat dilapangan berupa nilai persentase rata-rata galat keseluruhan adalah sebesar 17,64%. Dan persentase galat dari hasil pengujian adalah sebesar 3,82%. Perbedaan hasil pengujian dilapangan terjadi karena faktor lingkungan. Arah angin dan kecepatan angin yang terkadang tidak stabil menjadi salah satu penyebab perbedaan nilai pengukuran. Karena anemometer pabrik yang digunakan adalah jenis fan yang tidak bisa menerima angin dari segala arah. Tidak seperti anemometer tugas akhir yang mampu menerima angin dari segala arah. Untuk penunjukan ketinggian, ini disebabkan oleh faktor lingkungan seperti suhu.



Tabel 7 Hasil uji kelayakan kecepatan angin diwilayah PT. Conbloc Internusa (per 1 jam)

| Jam (WIB) | Kecepatan Angin (m/detik) / Arah Angin |         |                 |        |                 |         |
|-----------|--|---------|-----------------|--------|-----------------|---------|
|           | Ketinggian 3 m                         |         | Ketinggian 12 m |        | Ketinggian 30 m |         |
| 8.00      | 0,8                                    | 0,88/T  | 1,6             | 1,29/T | 1,4             | 1,51/TL |
|           | 0,7                                    | 0,67/T  | 1,4             | 1,27/T | 1,6             | 1,63/TL |
|           | 0,6                                    | 0,51/T  | 1,3             | 1,16/T | 1,6             | 1,74/TL |
|           | 0,9                                    | 0,71/T  | 1,6             | 1,21/T | 1,7             | 1,70/TL |
|           | 1,0                                    | 0,83/T  | 1,5             | 1,23/T | 1,2             | 1,54/TL |
| 9.00      | 0,0                                    | 0,00/T  | 1,6             | 1,50/T | 1,2             | 1,01/TL |
|           | 0,0                                    | 0,00/T  | 2,4             | 1,80/T | 0,0             | 0,59/TL |
|           | 1,1                                    | 0,84/T  | 2,1             | 1,56/T | 1,2             | 0,82/TL |
|           | 0,8                                    | 0,56/T  | 1,7             | 1,75/T | 1,5             | 1,21/TL |
|           | 0,0                                    | 0,00/T  | 2,2             | 1,97/T | 1,8             | 1,36/TL |
| 10.00     | 0,7                                    | 0,98/TL | 1,0             | 0,60/T | 2,1             | 1,64/TL |
|           | 0,0                                    | 0,00/TL | 1,0             | 0,81/T | 2,4             | 1,75/TL |



|           |     |         |      |         |      |         |
|-----------|-----|---------|------|---------|------|---------|
|           | 0,8 | 0,86/TL | 0,6  | 0,79/T  | 2,4  | 1,92/TL |
|           | 0,7 | 0,65/TL | 0,9  | 0,85/T  | 2,5  | 2,08/TL |
|           | 0,0 | 0,00/TL | 0,7  | 0,76/T  | 2,6  | 2,20/TL |
| 11.00     | 1,0 | 0,89/T  | 1,5  | 1,79/TL | 1,4  | 1,20/T  |
|           | 0,7 | 0,74/T  | 1,7  | 1,91/TL | 1,6  | 1,11/T  |
|           | 0,0 | 0,00/T  | 1,7  | 1,68/T  | 1,3  | 0,90/T  |
|           | 0,1 | 0,59/TL | 1,1  | 1,18/TL | 1,3  | 0,71/T  |
|           | 0,0 | 0,54/TL | 0,9  | 0,91/TL | 1,1  | 1,02/T  |
| 12.00     | 0,0 | 0,00/T  | 0,0  | 0,00/T  | 1,6  | 1,12/TL |
|           | 1,0 | 1,13/T  | 0,0  | 0,06/T  | 1,5  | 0,87/T  |
|           | 1,1 | 1,09/TL | 0,8  | 0,72/T  | 2,7  | 2,17/TL |
|           | 1,4 | 1,28/TL | 1,2  | 0,96/T  | 2,7  | 2,21/TL |
|           | 1,1 | 1,24/TL | 1,3  | 1,09/T  | 2,6  | 2,27/TL |
| 13.00     | 1,3 | 0,82/T  | 1,6  | 1,83/TE | 3,9  | 4,02/TE |
|           | 0,0 | 0,00/T  | 2,4  | 2,15/TE | 3,8  | 4,05/TE |
|           | 1,0 | 1,09/BD | 1,5  | 1,56/TE | 4,1  | 4,67/S  |
|           | 0,9 | 1,09/BD | 2,1  | 1,79/TE | 2,9  | 2,87/S  |
|           | 0,8 | 1,09/BD | 1,6  | 1,60/TE | 4,1  | 4,31/S  |
| 14.00     | 0,8 | 0,68/TE | 1,6  | 1,86/T  | 4,4  | 4,78/S  |
|           | 0,7 | 0,70/TE | 0,8  | 0,75/T  | 4,1  | 4,95/S  |
|           | 0,8 | 0,80/TE | 2,4  | 2,15/TE | 3,1  | 3,37/S  |
|           | 0,8 | 0,88/TE | 2,2  | 2,51/TE | 2,4  | 2,56/TE |
|           | 1,2 | 1,15/TE | 2,3  | 1,93/TE | 3,8  | 3,85/TE |
| 15.00     | 2,1 | 2,42/TE | 3,6  | 3,86/TE | 2,9  | 3,31/S  |
|           | 2,3 | 2,42/TE | 2,6  | 2,91/TE | 3,5  | 3,95/S  |
|           | 1,4 | 1,55/TE | 3,5  | 3,37/TE | 4,1  | 4,27/S  |
|           | 1,8 | 1,75/TE | 3,1  | 3,24/TE | 4,7  | 4,59/S  |
|           | 2,0 | 2,12/TE | 3,6  | 3,61/TE | 3,9  | 4,17/TE |
| 16.00     | 0,0 | 0,00/TE | 1,9  | 2,04/TE | 3,3  | 3,68/S  |
|           | 1,0 | 0,98/S  | 2,2  | 2,30/TE | 3,2  | 3,22/TE |
|           | 0,8 | 1,03/S  | 2,0  | 2,07/TE | 4,1  | 4,50/S  |
|           | 0,9 | 0,76/S  | 2,1  | 2,20/TE | 2,3  | 2,82/S  |
|           | 0,7 | 0,84/S  | 1,0  | 1,29/TE | 3,7  | 4,09/TE |
| Rata-rata | 0,8 | 0,83    | 1,69 | 1,64    | 2,56 | 2,54    |

|                 |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|
| Galat rata-rata | 3,61% | 2,96% | 0,78% |
|-----------------|-------|-------|-------|

Keterangan tabel :  = Anemometer pabrik,  = Alat ukur kecepatan angin tugas akhir

T = Timur

TE = Tenggara

S = Selatan

BD = Barat Daya

B = Barat

BL = Barat Laut

U = Utara

TL = Timur Laut

#### 4. Kesimpulan

1. Sistem pengukuran kecepatan menghasilkan ketepatan sebesar 96,18%. Dengan resolusi 0,01 m/detik.
2. Sistem penunjuk arah angin menghasilkan ketepatan sebesar 79,65%. Meski begitu tampilan layar LCD tetap sama dengan acuan arah angin yang dibandingkan.
3. Sistem pengukur ketinggian menghasilkan ketepatan sebesar 84,20%. Dengan resolusi 0,01 meter.
4. Dari hasil pengujian yang dilakukan. Kecepatan angin rata-rata di PT. Conbloc Internusa dari pagi sampai sore yang ditinjau setiap jam dari jam 8.00 sampai jam 16.00 WIB adalah 0,83 m/detik pada ketinggian 3 meter, 1,64 m/detik pada ketinggian 12 meter, dan 2,54 m/detik pada ketinggian 30 meter. Tidak berbeda jauh dari pengujian yang dilakukan pada pagi (9.00-12.00 WIB) adalah sebesar 0,7 m/detik, siang (12.00-15.00 WIB) adalah sebesar 1,62, dan sore (15.00-17.00 WIB) adalah sebesar 2,23. Kecepatan tersebut tidak cukup untuk menggerakkan blade turbin angin karena angin antara 0-4 m/detik berada dibawah cut-in speed sementara pada 5-12 m/detik daya output linear terhadap kecepatan angin [12]. Berdasarkan hasil tersebut juga dapat disimpulkan bahwa aplikasi turbin angin di wilayah PT. Conbloc Internusa tidak dapat dilakukan. Jika dilihat dari area geografis PT. Conbloc Internusa juga yang tidak berada didaerah pegunungan atau sekitar pantai. Sehingga angin di PT. Conbloc Internusa tidak layak untuk dimanfaatkan sebagai sumber tenaga pembangkit listrik.

#### Daftar Pustaka :

- [1] Sri Jumini, Lufti Holifah (2014). Menentukan Kondisi Lingkungan Berdasarkan Pengukuran Kecepatan Angin Dengan Anemometer Sederhana. Jurnal PPKM II (2014).
- [2] Pawan Mishra, Rakesh Roshan, Upendra Parashar, Neelesh Soni (2015). Measurement of Wind Speed with Utube-Pitot Static Anemometer. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Vol. 5, (2015).
- [3] Dody Dwi Aprianto, Arif Fatahillah, Susi Setiawani (2014). Analisis Aliran Udara Pada Jembatan Suramadu Dengan Menggunakan Metode Volume Hingga. Kadiikma, Vol. 5, No. 3, Hal 117-126, 2014.
- [4] Santiago Pindado, Javier Cubas, Felix Sorribes-Palmer (2014). The Cup Anemometer, A Fundamental Meteorological Instrument for the Wind Energy Industry. Sensors (2014).
- [5] As'ari. Rancang Bangun Anemometer Analog. Program Studi Fisika FMIPA Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [6] Rrahmi Adni Pesma, Wildian, Imam Taufiq (2013). Rancang Bangun Alat Ukur Kelajuan dan Arah Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Menggunakan Sistem Sensor Cahaya. Jurnal Fisika Unand Vol. 2, No. 4, (2013)..
- [7] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano> diakses pada tanggal 21 Juni 2017.
- [8] <http://www.ebay.com/itm/TCRT5000-infrared-reflective-sensor-tracking-sensor-for-Arduino-Kits-/151246650568> diakses pada tanggal 21 Juni 2017.
- [9] [www.novotechnik.com/pdfs/P6500.pdf](http://www.novotechnik.com/pdfs/P6500.pdf) diakses pada tanggal 21 Juni 2017.
- [10] <http://www.uctronics.com/gy-bme280-3-3-bme280-atmospheric-barometric-pressure-digital-sensor-module.html> diakses pada tanggal 21 Juni 2017.
- [11] <http://majalahenergi.com/forum/energi-baru-dan-terbarukan/energi-angin/tf-2106-konversi-energi-sistem-pembangkit-listrik-tenaga-bayu-tipe-horizontal-axis> diakses pada tanggal 21 Juni 2017.
- [12] Syarifuddin, Muhammad Bachtiar Nappu, Adrian Mansur, Nurul Asma Nikmatullah (2013). Pemodelan dan Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk Koneksi Grid. Jurnal JPE, Vol. 19, No. 03, (2013).