

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian ini telah selesai dibuat sebuah sistem monitoring suhu udara dan kecepatan angin untuk pendeteksi awal kebakaran hutan berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat digunakan untuk Mengetahui pendeteksi awal kebakaran hutan menggunakan sistem jarak jauh. Sistem yang telah dibuat ini menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak yang terdiri dari nodeMCU ESP8266 untuk mengatur sistem keseluruhan dan menggunakan aplikasi *blynk* untuk memonitoring kondisi dari jarak jauh melalui jaringan WiFi. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi gambaran keberhasilan dari alat yang telah dibuat dan menjadi evaluasi untuk penelitian selanjutnya.

##### 4.1 Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Udara dan Kecepatan Angin

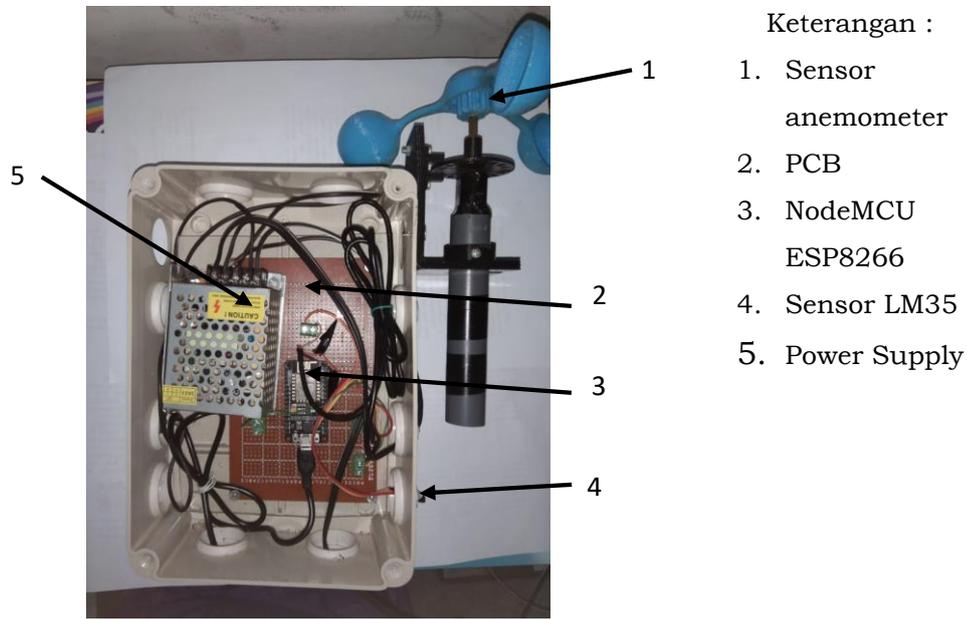
Sistem monitoring suhu udara dan kecepatan angin dirancang menggunakan sistem mikrokontroler yang dapat diatur proses kerjanya menggunakan nodeMCU ESP8266 yang diprogram dengan software Arduino IDE. Hasil rancangan berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari beberapa komponen elektronika seperti nodeMCU ESP8266, sensor LM35, sensor anemometer dan komponen elektronika pendukung lainnya. Hasil dari perangkat lunak berupa program yang menjadi acuan untuk pengoperasian alat tersebut.

Sistem monitoring ini bertujuan untuk memonitoring suhu udara dan kecepatan angin sebagai pendeteksi kebakaran hutan. Dengan adanya sistem monitoring ini maka dapat diperoleh data suhu udara dan kecepatan angin yang dapat menjadikan indikator pendeteksi kebakaran hutan sebagai upayaantisipasi penyebaran kebakaran hutan yang dapat merugikan banyak orang. Perancangan perangkat keras sistem monitoring suhu udara dan kecepatan angin dirancang menggunakan mikrokontroler yang dapat diatur proses kerjanya menggunakan nodeMCU ESP8266 yang telah diprogram menggunakan *software* Arduino IDE. Adapun bentuk fisik tampilan luar alat seperti pada Gambar 19



**Gambar 19.** Bentuk tampilan luar alat

Gambar 19 menggambarkan bentuk tampilan luar dari sistem monitoring beserta komponen alat yang memiliki fungsi dan peranan masing-masing. Sensor LM35 berfungsi untuk mengukur suhu dengan keluaran dalam bentuk besaran elektrik (tegangan analog). Sensor anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin. Selain itu bentuk fisik tampilan dalam sistem monitoring seperti pada Gambar 20.



**Gambar 20.** Bentuk dalam alat sistem monitoring

Gambar 20 menggambarkan rangkaian dalam dari sistem monitoring yang terletak didalam box berukuran 22 x 15 x 7,5 cm. terdapat beberapa komponen penyusun sistem monitoring yang disambungkan dengan mikrokontroler nodeMCU ESP8266, agar seluruh komponen penyusun dapat berfungsi sesuai program yang telah dibuat. Komponen-komponen disusun menggunakan *project board* atau PCB sebagai penghubung antara kabel *jumper* yang akan dikoneksikan kekomponen. Kabel *jumper* berfungsi sebagai penghubung antara nodeMCU dengan sensor LM35 dan sensor anemometer, nodeMCU berfungsi sebagai otak dari berjalannya sistem monitoring. Pada rangkaian, ditambahkan power suply 5 volt yang berfungsi sebagai sumber tegangan. Alat ini dihubungkan dengan *switch on/off (push button)* agar alat dapat di hidupkan tanpa menggunakan PC.

#### **Perancangan Perangkat Lunak**

Perancangan perangkat lunak sistem monitoring terdiri dari 2 bagian. Berdasarkan *flowcart* 13 dan 14 yaitu perancangan perangkat lunak sistem yang dilakukan untuk membuat program dari sensor LM35 dan sensor anemometer

menggunakan *software* Arduino IDE. Selanjutnya perangkat lunak bagian koneksi sistem ke *internet* menggunakan aplikasi *blynk*.

Pembuatan program dilakukan agar sensor dapat menampilkan hasil *outputnya*. Sebelumnya program di inialisasi terlebih dahulu, lalu dimasukkan program untuk Sensor LM35 dan sensor kecepatan angin sebagai *inputnya*. Sensor LM35 dan sensor anemometer akan di proses melalui mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sensor LM35 dan sensor kecepatan angin akan menerima setiap perubahan suhu dan kecepatan angin saat diberikan percobaan. Hasil pembacaan tersebut akan ditampilkan melalui serial monitor pada Arduino IDE.

Selanjutnya setelah sensor dapat terbaca nilai *outputnya* maka program tersebut sudah dapat digunakan. Untuk melihat hasil *outputnya* tanpa menghubungkan menggunakan PC maka pembacaan dikirimkan ke *platform blynk*. *Blynk* dirancang untuk *Internet of Things* (IoT).

### **Prinsip Kerja Sistem Monitoring Suhu Udara dan Kecepatan Angin**

Sistem monitoring suhu udara dan kecepatan angin untuk deteksi kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) memiliki fungsi sebagai sistem untuk memantau suhu udara dan kecepatan angin, kemudian hasil monitoring ditampilkan di *platform Blynk*. pada alat monitoring telah dilengkapi *push button* untuk tombol menghidupkan dan mematikan alat tersebut. Sumber tegangan dari alat ini menggunakan *power supply* 5 volt. Pertama dihidupkan *power supply* lalu dihidupkan tombol on pada *push button* . Selanjutnya, jaringan yang digunakan merupakan jaringan *hotspot* pribadi dari *smartphone*. Pada *platform blynk* harus sudah dibuka dan dihubungkan dengan jaringan internet. Sistem akan terus melakukan pengulangan, kecuali apabila sistem tidak mendapatkan *supply* daya dan jaringan internet. Cara kerja *blynk* pada monitoring suhu udara dan kecepatan angin ini yaitu *server Blynk* menghubungkan antara *blynk* di PC dengan NodeMCU yang terhubung dengan jaringan internet WiFi.

### **Pengujian Kedua Sensor (LM35 dan sensor kecepatan angin)**

Pada rancangan sistem ini, sensor yang digunakan adalah sensor LM35 dan sensor kecepatan angin yang berfungsi untuk deteksi awal kebakaran melalui suhu udara dan kecepatan angin. Masing-masing sensor dihubungkan dengan *power supply* 5V dari nodeMCU, data sensor LM35 ke pin A0 dan data sensor kecepatan angin ke pin D2. Masing-masing sensor diuji dan hasil uji akan ditampilkan pada *platform blynk*. saat masing-masing sensor diberikan sumber api dan angin dapat mendeteksi sumber tersebut dengan baik.

## 4.2 Karakteristik Sistem Monitoring

Karakteristik Sistem monitoring merupakan tanda, ciri atau fitur yang bisa digunakan sebagai identifikasi suatu keberhasilan alat yang telah dibuat. Untuk Mengetahui Karakteristik sistem monitoring tersebut perlu dilakukan uji tingkat *error*, akurasi dan presisi pada pengambilan data dan pengujian secara keseluruhan sistem secara keseluruhan. Pada Karakteristik sistem monitoring ini akan didapatkan data hasil pembacaan sensor LM35 untuk melihat suhu udara dan sensor anemometer untuk melihat kecepatan angin. Dari data suhu udara dan kecepatan angin tersebut akan dicari nilai *error*, akurasi dan presisinya.

Nilai akurasi didapatkan dari perbandingan dari nilai alat yang dirancang dengan alat ukur standar untuk melihat kedekatannya. Setelah didapatkan nilai akurasi, selanjutnya dilakukan uji presisi dengan pengulangan pengambilan data untuk melihat pengukuran berulang dengan nilai yang serupa. *Error* merupakan kesalahan yang timbul akibat adanya kesalahan pencatatan, pengukuran dan pembulatan.

Dalam melakukan pengujian, tahapan-tahapan yang dilakukan pertama kali adalah melakukan pengujian terhadap perangkat-perangkat inputan yaitu pengujian terhadap sensor-sensor yaitu sensor LM35 dan sensor anemometer. Kemudian melakukan pengujian secara keseluruhan sistem pada alat dan aplikasi *blynk* pada PC. Untuk pengujian sensor dimulai dengan menguji sensor LM35, sensor Anemometer dan uji keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan mengukur parameter tiap sensor seperti mengukur suhu udara dan kecepatan angin.

### Pengujian Sensor LM35

Sensor LM35 salah satu alat yang digunakan pada perancangan sistem monitoring ini dengan tujuan untuk pendeteksi suhu udara. Pengujian sensor LM35 dilakukan dengan menggunakan 3 buah sampel lilin, variasi lilin yang digunakan yaitu dengan menggunakan 1 lilin, 2 lilin dan 3 lilin. Sensor LM35 diletakkan dengan variasi jarak dan posisi, dengan 4 posisi yaitu kanan, kiri, atas dan bawah masing-masing diberikan jarak 5, 10 dan 15 cm. Pengujian dengan variasi dilakukan dengan cara meletakkan lilin ditengah, lalu sensor LM35 dan termometer standar diletakkan sejajar dengan api di sebelah bawah, atas, kanan dan kiri lilin.



(a)

(b)

(c)

**Gambar 21.** Pengujian pada masing-masing posisi

(a). posisi bawah 1 lilin

(b). posisi atas 2 lilin

(c). posisi kanan 3 lilin

Gambar 21 merupakan gambaran pengambilan data untuk pengujian posisi yang akan diuji. Pengujian ini bertujuan untuk melihat tingkat akurasi dan presisi dari berbagai arah posisi dan jaraknya. sensor LM35 yang akan dibandingkan dengan thermometer standar. Berikut data pengujian pada sensor LM35. Pada pengujian 3 jarak yang berbeda dimulai dari jarak 5 cm, 10 cm dan 15 cm bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana sensor LM35 merespons perubahan suhu pada jarak-jarak tersebut dan mengevaluasi kinerjanya dalam kondisi yang berbeda.

Pertama-tama dilakukan pada jarak 5 cm. pada jarak ini, sensor diharapkan akan lebih cepat merespons perubahan suhu, karna jarak yang pendek memungkinkan konduksi panas yang lebih efisien antara sensor dan objek yang diukur. Dilihat sejauh mana sensor mampu mendeteksi perubahan suhu kecil dan bagaimana outputnya berfluktuasi pada jarak yang sangat dekat ini.

Kemudian, pada jarak 10 cm. pada jarak ini diamati bagaimana sensor merespons perubahan suhu dengan jarak yang sedang, dimana konduksi panas mungkin tidak secepat pada jarak 5 cm. Terakhir, pada jarak 15 cm, pada jarak yang lebih jauh ini, dilihat bagaimana sensor merespons perubahan suhu dengan peningkatan jarak yang lebih signifikan. Pada jarak ini memungkinkan terjadi penundaan dalam deteksi perubahan suhu akan lebih besar,

**Tabel 7.** Tingkat akurasi pada 1 api

posisi	jarak (cm)	suhu alat °C	suhu alat standar °C	Error %	Akurasi %
kanan	5	30.56	30.20	1.19	98.81
	10	29.99	29.00	3.41	96.59
	15	29.14	29.00	0.48	99.52
kiri	5	31.12	31.00	0.39	99.61
	10	30.56	29.90	2.21	97.79
	15	29.99	29.80	0.64	99.36
atas	5	30.56	30.20	1.19	98.81
	10	29.99	29.70	0.98	99.02
	15	29.99	29.40	2.01	97.99
bawah	5	31.12	30.90	0.71	99.29
	10	29.99	29.98	0.03	99.97
	15	29.99	29.70	0.98	99.02
rata-rata				1.18	98.82

Dari Tabel 7 yang merupakan tabel *error* dan akurasi dari perbandingan alat ukur standar suhu dan pengujian menggunakan sensor LM35 dengan menggunakan sampel api yang berasal dari 1 lilin. Dari tabel 7 didapatkan hasil *error* dan akurasi pada pembacaan alat sistem monitoring. Nilai rata-rata dari *error* sebesar 1.18% dan tingkat akurasi sebesar 98.82%. suhu tertinggi dari pengujian 1 lilin yaitu sebesar 31.12°C berada pada posisi bawah dijarak 5 cm sedangkan suhu terendahnya yaitu 29.14°C pada posisi kanan jarak 15 cm.

**Tabel 8.** Tingkat akurasi pada 2 api

posisi	jarak (cm)	suhu alat °C	suhu alat standar °C	Error %	Akurasi %
kanan	5	34.24	33.90	1.00	99.00
	10	32.54	32.10	1.37	98.63
	15	30.56	30.50	0.20	99.80
kiri	5	34.69	34.50	0.55	99.45
	10	31.12	30.90	0.71	99.29
	15	30.84	29.90	3.14	96.86
atas	5	35.37	35.10	0.77	99.23
	10	32.26	32.10	0.50	99.50
	15	29.99	29.80	0.64	99.36
bawah	5	35.65	35.30	0.99	99.01
	10	30.56	30.10	1.53	98.47
	15	29.98	29.70	0.94	99.06
rata-rata				1.03	98.97

Dari Tabel 8 yang merupakan tabel *error* dan akurasi dari perbandingan alat ukur standar suhu dan pengujian menggunakan sensor LM35 dengan

menggunakan sampel api yang berasal dari 2 lilin. Dari tabel 8 didapatkan hasil *error* dan akurasi pada pembacaan alat sistem monitoring. Nilai rata-rata dari *error* sebesar 1.03% dan tingkat akurasi sebesar 98.97%. suhu tertinggi dari pengujian 2 lilin yaitu sebesar 35.65°C berada pada posisi bawah dijarak 5 cm sedangkan suhu terendahnya yaitu 29.98°C pada posisi kanan jarak 15 cm.

**Tabel 9.** Tingkat akurasi pada 3 api

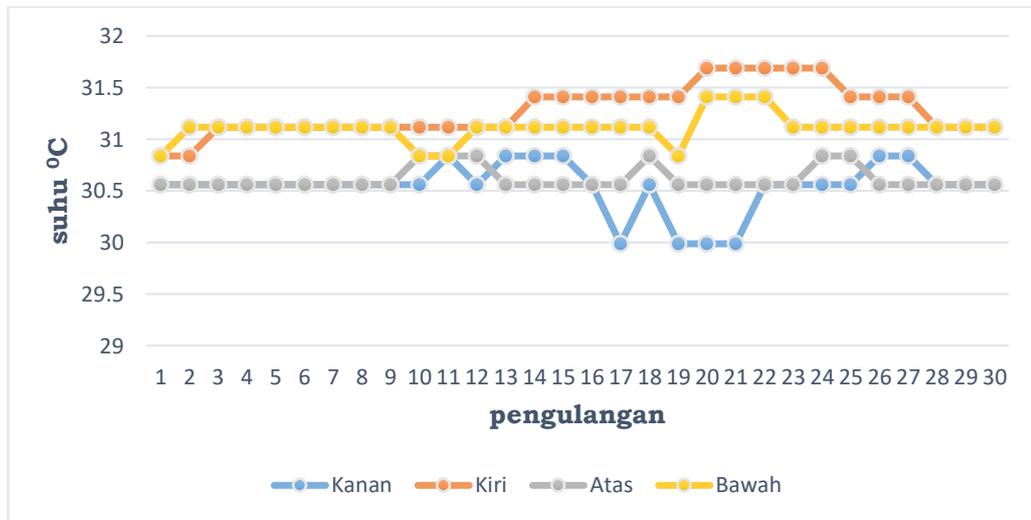
posisi	jarak (cm)	suhu alat °C	suhu alat standar °C	Error %	Akurasi %
kanan	5	42.73	42.00	1.74	98.26
	10	40.64	39.90	1.85	98.15
	15	30.48	29.90	1.94	98.06
kiri	5	40.32	39.90	1.05	98.95
	10	38.48	37.60	2.34	97.66
	15	30.54	29.90	2.14	97.86
atas	5	40.58	40.10	1.20	98.80
	10	37.63	36.90	1.98	98.02
	15	30.84	29.90	3.14	96.86
bawah	5	39.41	38.40	2.63	97.37
	10	35.65	34.20	4.24	95.76
	15	31.12	30.90	0.71	99.29
rata-rata				2.08	97.92

Dari Tabel 9 yang merupakan tabel *error* dan akurasi dari perbandingan alat ukur standar suhu dan pengujian menggunakan sensor LM35 dengan menggunakan sampel api yang berasal dari 3 lilin. Dari tabel 10 didapatkan hasil *error* dan akurasi pada pembacaan alat sistem monitoring. Nilai rata-rata dari *error* sebesar 2.08% dan tingkat akurasi sebesar 97.92%. suhu tertinggi dari pengujian 3 lilin yaitu sebesar 42.73°C berada pada posisi kanan dijarak 5 cm sedangkan suhu terendahnya yaitu 30.48°C pada posisi kanan jarak 15 cm.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari ketiga tabel 7, 8 dan 9 tingkat akurasi yang dihasilkan sudah sangat bagus dan bisa digunakan sebagai acuan untuk memonitoring suhu udara sebagai mitigasi dari pendeteksi kebakaran hutan. Menurut Sulandari dkk, (2018) pada Tabel 6 yang menyatakan bahwa jika tingkat akurasi berkisar antara 90 – 100 maka dinyatakan dengan kategori sangat bagus. Sensor LM35 dapat membaca perubahan suhu dari sumber api 1 lilin, 2 lilin dan 3 lilin dengan suhu ruangan sebelum uji coba yaitu 28.6°C.

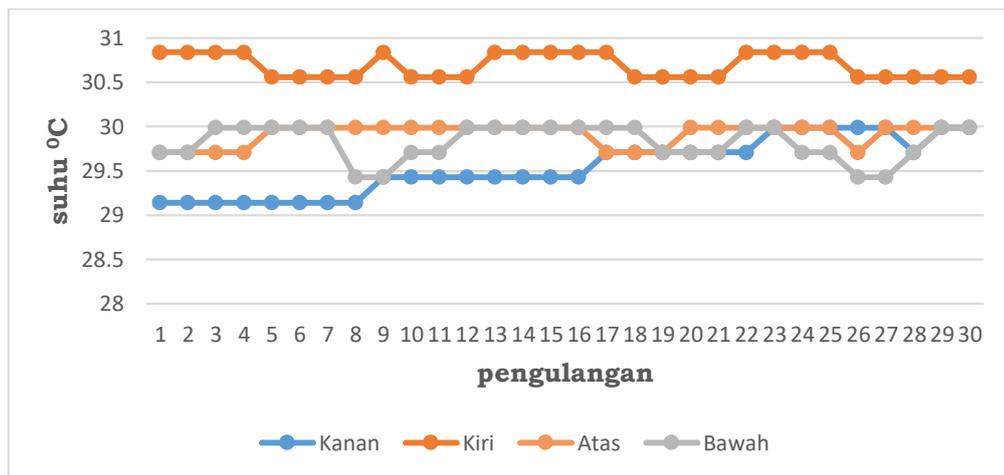
Untuk mendapatkan hasil ketelitian, maka dilakukan pengambilan data berulang dari percobaan menggunakan 1 lilin, 2 lilin dan 3 lilin. Dengan variasi jarak 5 cm, 10 cm, 15 cm dan posisi, dengan 4 posisi yaitu kanan, kiri, atas dan

bawah. Pengulangan dilakukan sebanyak 30 kali tiap 10 detik. Hal ini bertujuan untuk melihat pengujian sensor LM35. Berikut data yang diperoleh dalam pengujian sensor LM35.



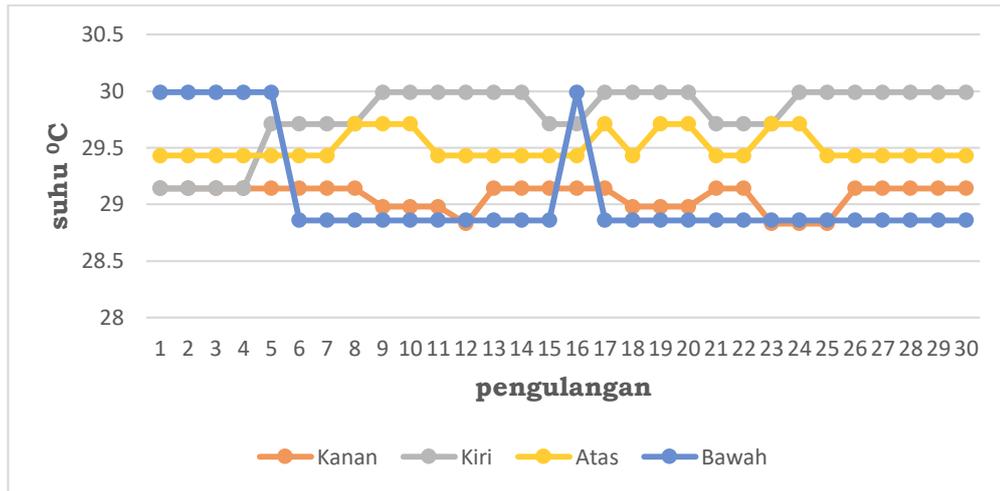
**Gambar 22.** Grafik presisi 1 api (5 cm)

Dari grafik data pada Gambar 22 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 5 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 1 api jarak 5 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 30°C hingga 31.7°C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi kiri.



**Gambar 23.** Grafik presisi 1 api (10 cm)

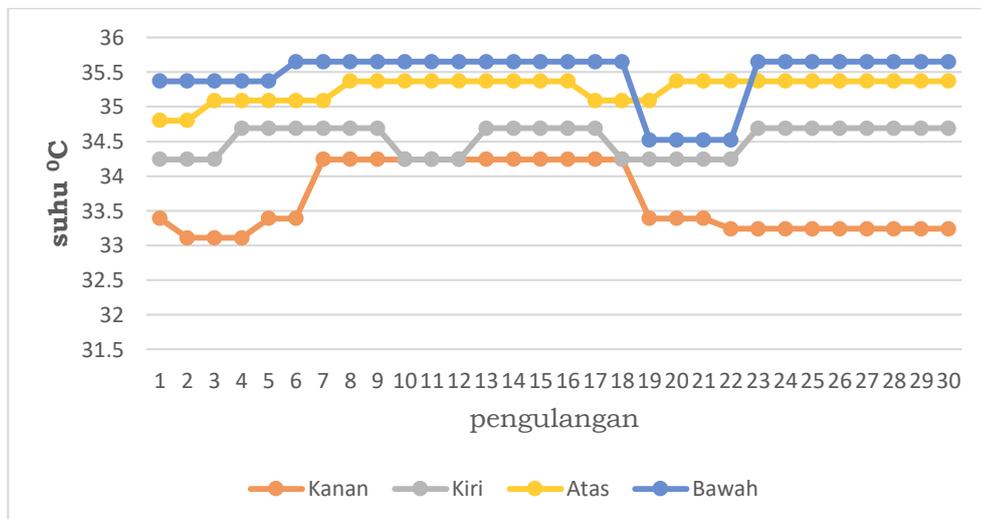
Dari grafik data pada Gambar 23 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 10 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 1 api jarak 10 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 29.3°C hingga 30.8°C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi kiri.



**Gambar 24.** Grafik presisi 1 api (15 cm)

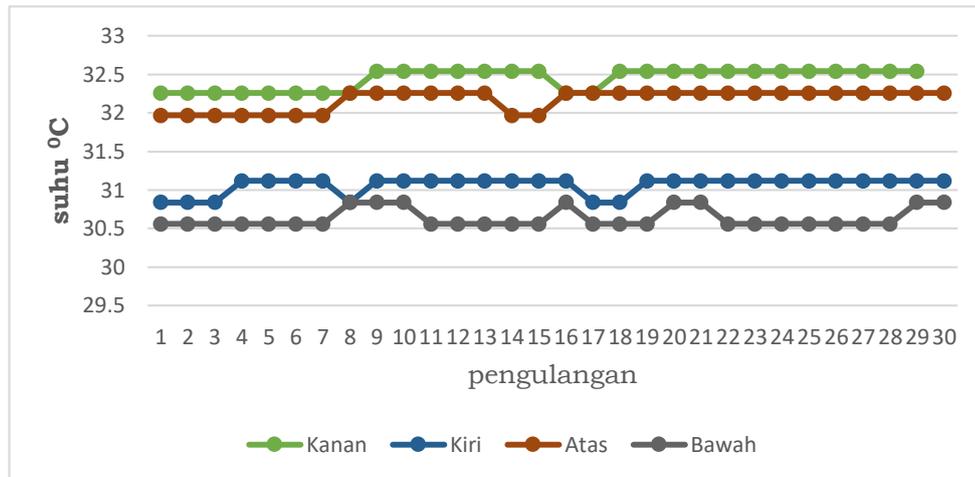
Dari grafik data pada Gambar 24 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 15 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 1 api jarak 15 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 28.7°C hingga 30°C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi kiri dan bawah.

Dari 3 jarak yang telah dilakukan pengujian berulang pada 1 api, suhu yang tertinggi berada pada sebelah kiri. Hal ini dapat terjadi karena arah angin sehingga api bertiup ke sebelah kiri yang menyebabkan pada sebelah kiri selalu menerima suhu yang lebih tinggi daripada posisi lain. Pada pengujian 1 api didapatkan nilai RSD 0.655% dan presisi 93.31%. Nilai presisi tersebut menunjukkan bahwa dalam pengukuran berulang, mampu menghasilkan hasil yang hampir sama untuk pengulangan sebanyak 30 kali. Dari hasil pengukuran ini memberikan pembacaan yang konsisten dan sesuai dengan suhu yang diharapkan.



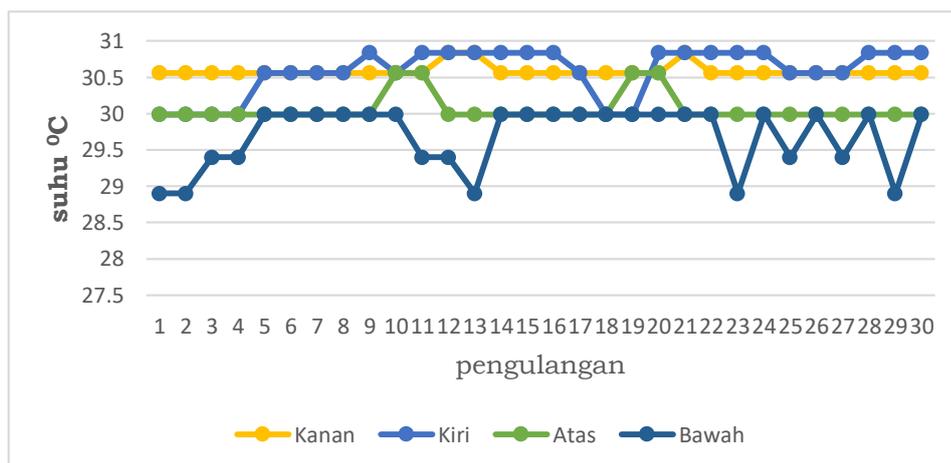
**Gambar 25.** Grafik presisi 2 api (5 cm)

Dari grafik data pada Gambar 25 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 5 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 2 api jarak 5 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 33<sup>o</sup>C hingga 35.65<sup>o</sup>C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi bawah.



**Gambar 26.** Grafik presisi 2 api (10 cm)

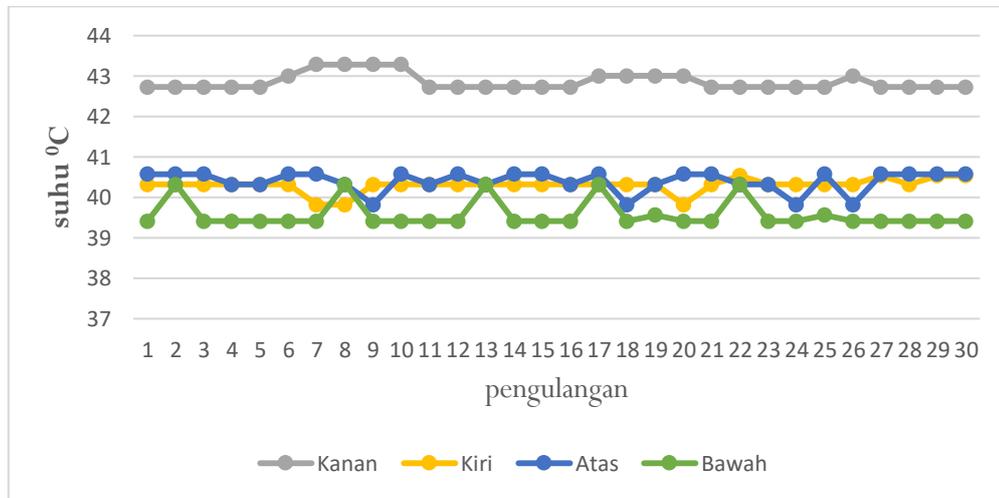
Dari grafik data pada Gambar 26 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 10 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 2 api jarak 10 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 30.0<sup>o</sup>C hingga 32,5<sup>o</sup>C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi kanan.



**Gambar 27.** Grafik presisi 2 api (15 cm)

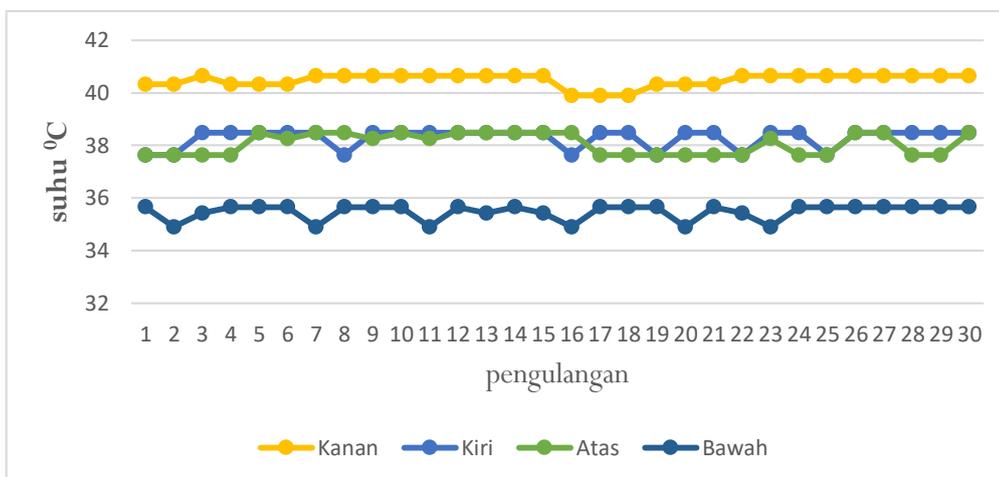
Dari grafik data pada Gambar 27 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 15 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 2 api jarak 15 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 28.9<sup>o</sup>C hingga 30.84<sup>o</sup>C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi kiri.

Pada pengujian 2 api didapatkan nilai RSD 0.708% dan presisi 99.29%. Nilai presisi tersebut menunjukkan bahwa dalam pengukuran berulang, mampu menghasilkan hasil yang hampir sama untuk pengulangan sebanyak 30 kali. Dari hasil pengukuran ini memberikan pembacaan yang konsisten dan sesuai dengan suhu yang diharapkan.



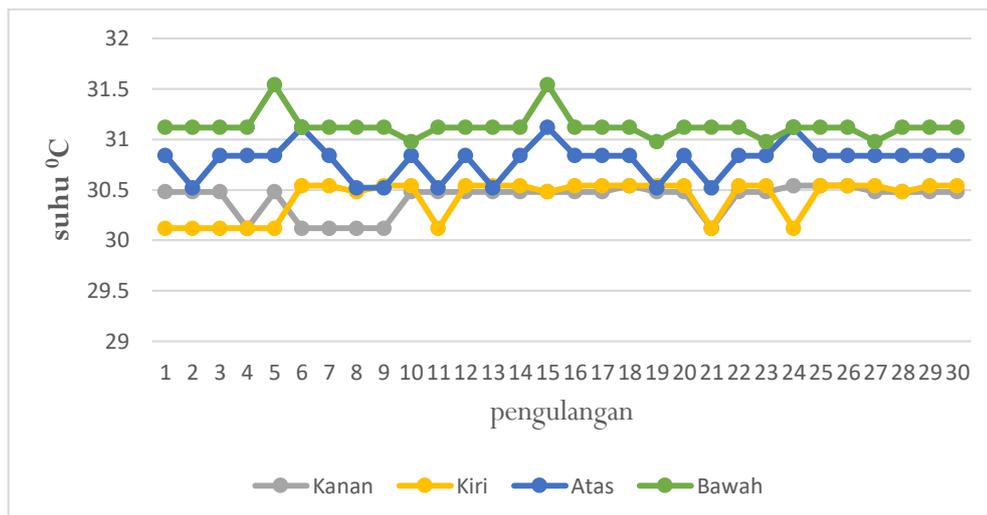
**Gambar 28.** Grafik presisi 3 api (5 cm)

Dari grafik data pada Gambar 28 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 5 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 3 api jarak 5 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 39.5°C hingga 43.01°C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi kanan.



**Gambar 29.** Grafik presisi 3 api (10 cm)

Dari grafik data pada Gambar 29 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 10 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 3 api jarak 10 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 35.0°C hingga 40.64°C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi kanan.



**Gambar 30.** Grafik presisi 3 api (15 cm)

Dari grafik data pada Gambar 30 diketahui bahwa sensor LM35 mampu mendeteksi perubahan suhu pada jarak 10 cm dari berbagai posisi. Pada pengujian 3 api jarak 10 cm suhu yang dihasilkan yaitu dari 30.12°C hingga 31.12°C. dari 4 posisi yang telah diuji, suhu tertinggi berasal dari posisi bawah. Pada pengujian 3 api didapatkan nilai RSD 0.894% dan presisi 99.10%. Nilai presisi tersebut menunjukkan bahwa dalam pengukuran berulang, mampu menghasilkan hasil yang hampir sama untuk pengulangan sebanyak 30 kali. Dari hasil pengukuran ini memberikan pembacaan yang konsisten dan sesuai dengan suhu yang diharapkan.

Dari uji presisi terhadap sensor LM35 yang digunakan untuk mengukur suhu udara. Tujuan dari pengujian presisi pada sensor LM35 ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana sensor ini dapat memberikan hasil yang konsisten dan akurat. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan variasi posisi sensor, jarak dan jumlah api dengan pengulangan 30 kali.

Dari pengujian tingkat akurasi dan presisi pada sensor LM35, pada 1 api suhu yang didapatkan tidak jauh berbeda dari suhu ruangan sebelum dihidupkannya api. Suhu yang tinggi didapatkan pada saat 3 api yaitu dengan suhu 43°C, itu dikarenakan jumlah apinya yang menjadi lebih banyak. Selain jumlah api pengujian terhadap posisi juga dilakukan, dari hasil pengujian pada setiap posisi terdapat perbedaan suhu namun tidak jauh berbeda dari posisi yang lainnya hal ini dapat dikarenakan kondisi arah api yang juga berubah-ubah tidak stabil setiap melakukan pengujian. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap variasi jarak. Semakin dekat sensor terhadap sumber api maka suhu yang dihasilkan juga akan banyak menerima panas dari sumber api tersebut. Pada jarak 5cm suhu yang dihasilkan lebih panas daripada jarak 15 cm, hal ini

dikarenakan api pada lilin kecil sehingga jika sensor berada lebih jauh dari sumber api maka suhu akan menjadi stabil kembali dikarenakan faktor lingkungan sekitarnya.

### **Pengujian Sensor Anemometer**

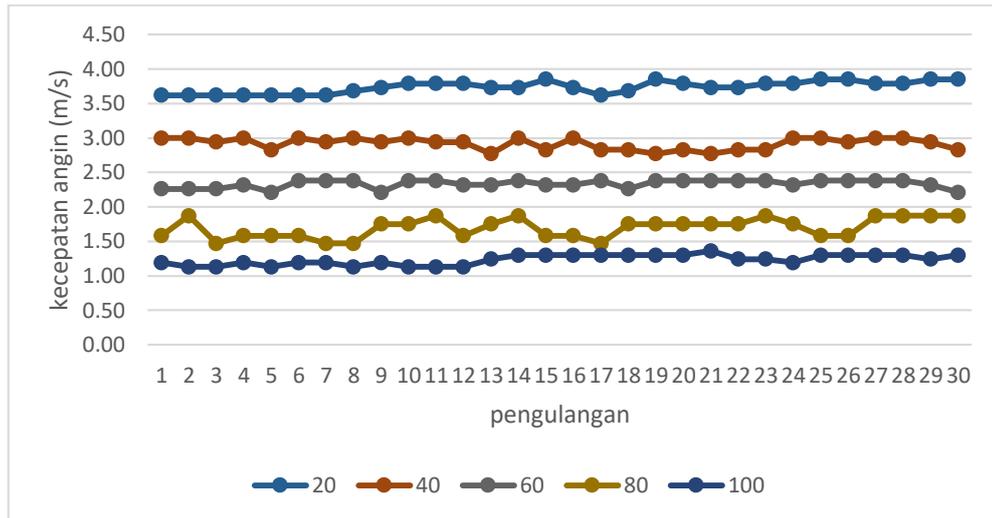
Sensor anemometer merupakan sensor yang digunakan untuk pendeteksi kecepatan angin. Pengujian yang dilakukan pada sensor anemometer ini yaitu mencari *error*, tingkat akurasi dan presisi. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan *input* berupa kipas angin dengan kecepatan tetap yang diletakkan sejajar dengan sensor anemometer dan dibandingkan menggunakan anemometer standar. Data yang diperoleh dari pengujian sensor anemometer dengan anemometer standar adalah sebagai berikut.

**Tabel 10.** Uji tingkat akurasi sensor anemometer

No	Jarak sumber (cm)	Kecepatan angin alat ukur standar (m/s)	Alat yang dirancang (m/s)	<i>Error</i> (%)	Akurasi (%)
1	20	3.8	3.85	1.31	98.69
2	40	3.1	3.11	0.32	99.68
3	60	2.2	2.21	0.45	99.55
4	80	1.6	1.58	1.25	98.75
5	100	1.3	1.30	0	100
	Rata-rata			0.66	99.34

Dari Tabel 10 yang merupakan tabel *error* dan akurasi dari perbandingan alat ukur anemometer standar dan pengujian menggunakan sensor anemometer dengan menggunakan sampel dari kipas angin dengan kecepatan tetap. Dari tabel 15 didapatkan hasil *error* dan akurasi pada pembacaan alat sistem monitoring. Nilai rata-rata dari *error* sebesar 0.66% dan tingkat akurasi sebesar 99.34%.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari tabel 10 tingkat akurasi yang dihasilkan sudah sangat bagus dan bisa digunakan sebagai acuan untuk memonitoring kecepatan angin sebagai mitigasi dari pendeteksi kebakaran hutan. Menurut Sulandari dkk, (2018) pada tabel 6 yang menyatakan bahwa jika tingkat akurasi berkisar antara 90 – 100 maka dinyatakan dengan kategori sangat bagus. Sensor anemometer dapat membaca perubahan kecepatan angin dari sumber sumber kipas angin dengan rentang jarak yang berbeda. Untuk mendapatkan hasil ketelitian, maka dilakukan pengambilan data berulang dengan variasi jarak, dimana setiap perubahan jarak dilakukan sebanyak 30 kali pengulangan tiap 10 detik. Berikut data yang diperoleh dalam pengujian sensor anemometer.



**Gambar 31.** Grafik presisi anemometer

Pada Gambar 31 sumbu x menunjukkan pengulangan dalam jarak (cm), sumbu y menunjukkan tingkat kecepatan angin. Dari grafik tersebut dapat terlihat pada jarak 20 cm kecepatan angin mencapai 3.85 m/s, seiring dengan bertambahnya variasi jarak kecepatan yang terbaca pun menurun hingga 1.13 m/s . pada jarak 80 cm dan 100 cm RSD yang dihasilkan lebih tinggi daripada jarak 20 cm, 40 cm, 60 cm. Hal ini menunjukkan adanya ketidak presisian yang konsisten dalam pengukuran pada rentang ini. Hasil ini mengindikasikan bahwa anemometer mungkin memiliki batasan presisi dalam mengukur kecepatan angin dengan jarak yang lebih jauh.

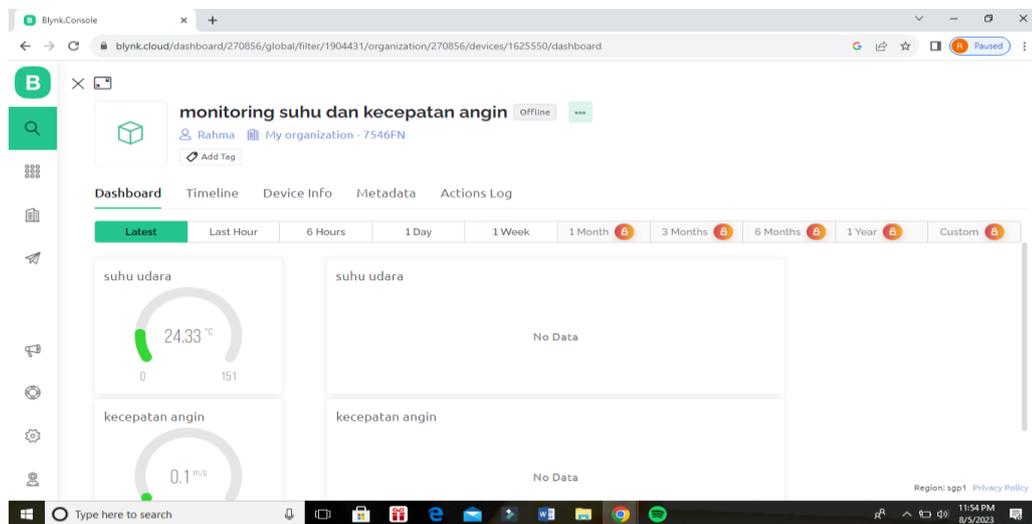
Dari uji presisi terhadap sensor anemometer yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Tujuan dari pengujian presisi pada sensor anemometer ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana sensor ini dapat memberikan hasil yang konsisten dan akurat. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan variasi jarak 20, 40, 60, 80 dan 100 cm dengan pengulangan 30 kali.

Berdasarkan pengukuran berulang sebanyak 30 kali, didapat kan nilai rata-rata RSD 4.93% dan presisi 95.584%. nilai presisi tersebut menunjukkan bahwa dalam pengukuran berulang, mampu menghasilkan hasil yang hampir sama untuk pengulangan sebanyak 30 kali. Dari hasil pengukuran anemometer ini memberikan pembacaan yang konsisten dan sesuai dengan kecepatan angin yang diharapkan. Rentang kecepatan angin yang berbeda diuji dan memberikan pembacaan yang konsisten dan akurat dalam rentang tersebut. nilai *error* yang didapat saat pengulangan dapat disebabkan oleh faktor lingkungan, faktor pergeseran sensor dan faktor perhitungan saat pengambilan data.

## Pengujian Sistem Monitoring Secara Keseluruhan

Adapun prinsip kerja sistem monitoring ini dimulai dengan menghidupkan alat dengan cara memastikan bahwa perangkat ini telah dihubungkan dengan baterai yang menghantarkan Tegangan sebesar 5 volt, dengan menyesuaikan tegangan referensi yang terdapat pada nodeMCU. Selanjutnya dihidupkan dengan menekan *switch on/off* yang terletak pada bagian kanan box sistem monitoring. Selanjutnya hasil pembacaan akan ditampilkan pada *blynk*, dimana sebelumnya sudah masuk ke platform *blynk* tersebut. Ketika adanya perubahan suhu dan hembusan angin maka nilainya akan ditampilkan pada *gaude* dan grafik.

Pada pengujian sistem monitoring keseluruhan dilakukan untuk verifikasi koneksi dan pengujian terhadap sensor LM35 dan anemometer yang terhubung ke NodeMCU ESP8266. Sensor LM35 digunakan untuk membaca suhu udara, sementara anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Data pengujian sistem monitoring ini akan ditampilkan pada platform *blynk*. Adapun tampilan awal sebelum sistem monitoring dihidupkan seperti pada Gambar 32.



**Gambar 32.** Tampilan awal *blynk*

Setelah dihidupkan maka sistem akan menampilkan nilai keluaran dari sensor LM35 dan sensor anemometer seperti pada Gambar 32. Pengujian keseluruhan ini dilakukan di halaman depan kost pribadi pada sore hari sekitar jam 16.30 WIB. Dilakukan selama kurang lebih 1 jam untuk melihat bagaimana sensor-sensor tersebut membaca setiap perubahan cuaca.

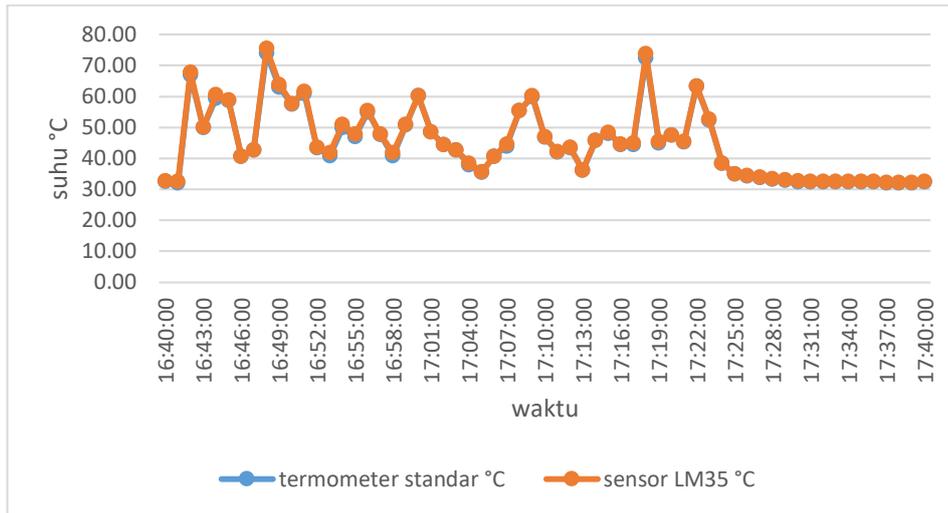


**Gambar 33.** Tampilan hasil monitoring selama 1 jam

Gambar 33 menunjukkan nilai dari suhu udara dan kecepatan angin yang telah diprogram menggunakan *software* Arduino IDE dengan perpaduan beberapa *library* dan komponen pada *software* tersebut. Hasil dari tampilan tersebut dapat mempermudah mendapatkan informasi perubahan suhu yang dapat menjadi indikasi kebakaran hutan sebagai antisipasi awal untuk melakukan pencegahan.

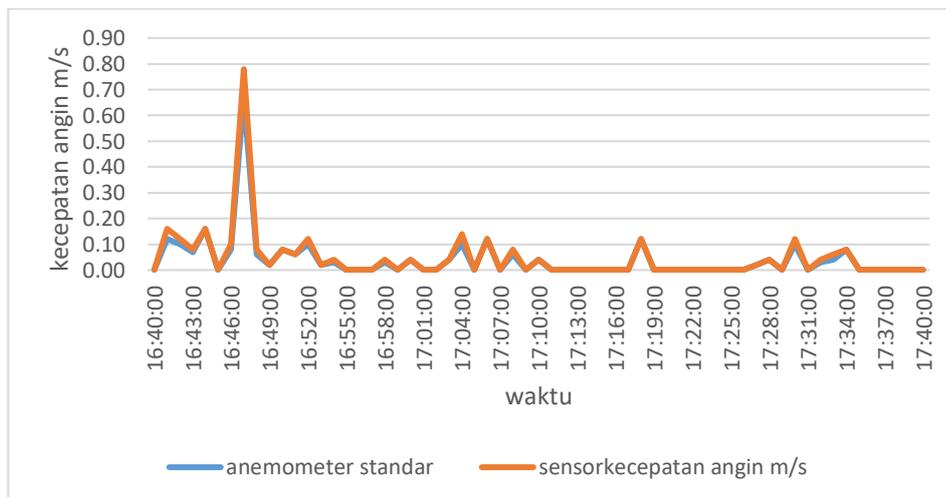
Tampak terlihat tampilan *blynk* pada Gambar 33 yang menunjukkan suhu dan grafik suhu selama kurang lebih 1 jam, begitupun dengan kecepatan angin dan grafiknya selama kurang lebih 1 jam. Dalam pengujian sensor LM35, dilakukan pengecekan koneksi sensor dan pembacaan suhu menggunakan fungsi '**readTemperature()**'. Ditemukan bahwa sensor LM35 memberikan pembacaan suhu yang akurat dan sesuai dengan rentang suhu yang diharapkan. Dalam rentang suhu yang berbeda, sensor LM35 konsisten memberikan pembacaan yang konsisten dan akurat.

Pada pengujian anemometer, dilakukan verifikasi koneksi dan pengukuran kecepatan angin dengan menghitung pulsa yang dihasilkan oleh anemometer dalam interval waktu tertentu. Hasilnya menunjukkan bahwa anemometer memberikan pembacaan yang konsisten dan sesuai dengan kecepatan angin yang diharapkan. Selanjutnya, pengujian koneksi *blynk*. koneksi NodeMCU ESP8266 ke jaringan dan server *blynk* diverifikasi dan data dari suhu dan kecepatan angin yang telah diukur dikirimkan ke server *blynk*.



**Gambar 34.** Grafik monitoring suhu

Pada Gambar 34, merupakan hasil *record* pembacaan sensor LM35 yang ditampilkan serial monitor selama kurang lebih 1 jam. Saat dilakukan uji coba pembakaran batok kelapa, sebelumnya dimulai dari sebelum dilakukan pembakaran, dimana pada saat itu suhu udara terukur yaitu 32.82°C. Beberapa saat setelah api dihidupkan suhu menjadi naik, dengan suhu tertinggi yang tercatat yaitu 75.55°C. pengujian dilakukan hingga proses pendinginan api dimana suhu pada saat setelah pendinginan yaitu 32.26°C. Pada pengujian selama 1 jam, *error* dari sensor LM35 yaitu sebesar 0.64% dan akurasi sebesar 99.36%.



**Gambar 35.** Grafik kecepatan angin

Pada Gambar 35, merupakan hasil *record* pembacaan sensor anemometer yang ditampilkan serial monitor selama kurang lebih 1 jam. Saat dilakukan uji coba pembakaran batok kelapa, sebelumnya dimulai dari sebelum dilakukan pembakaran, dimana pada saat itu kecepatan angin yang terukur yaitu 0 m/s,

hingga proses pendinginan kecepatan yang terukur 0 m/s. Kecepatan tertinggi yaitu pada 0.78 m/s. Selama kurang lebih 1 jam sering terdapat hembusan angin yang menyebabkan baling-baling anemometer berputar. Pada pengujian selama 1 jam, *error* dari sensor kecepatan angin yaitu sebesar 0.64% dan akurasinya sebesar 93.35%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring suhu udara dan kecepatan angin menggunakan sensor LM35 dan anemometer berhasil terintegrasi dengan baik. Data suhu dan kecepatan angin dapat dikirimkan secara stabil ke server *blynk* dan ditampilkan di platform *blynk* seperti pada gambar 33 Hal ini memungkinkan pengguna untuk memantau suhu udara dan kecepatan angin secara *real-time*. Pada pengujian selama 1 jam dapat dilihat bahwa ciri dari deteksi awal kebakaran sendiri dari meningkatnya suhu udara secara cepat, dan suhu tersebut juga mengalami kenaikan yang lebih tinggi dari pada suhu normal harian. Suhu saat adanya api berkisar antara 40 °C hingga 78°C. Suhu udara berperan penting dalam pembentukan dan penyebaran api. Udara panas dapat mengeringkan materi yang mudah terbakar, meningkatkan tingkat penguapan bahan bakar, dan menciptakan kondisi yang lebih memungkinkan untuk api berkembang. Suhu yang tinggi juga dapat memicu pemicu alami, seperti petir, yang dapat menyebabkan kebakaran hutan. Kecepatan angin mempengaruhi bagaimana api akan berkembang dan menyebar. Angin yang kuat dapat memindahkan api lebih cepat, mengarahkannya ke arah yang berbeda, dan meningkatkan risiko penyebaran kebakaran secara signifikan. Angin juga dapat menghembuskan api lebih kuat ke area yang belum terkena api sebelumnya, menyebabkan perluasan wilayah terbakar. Api sendiri, ketika sudah berkembang, dapat mempengaruhi suhu udara di sekitarnya. Api menghasilkan panas yang dapat meningkatkan suhu udara di sekitarnya. Ini bisa menciptakan perbedaan suhu yang dapat memicu aliran angin yang lebih kuat, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi perilaku api.

Pada kebakaran, kombinasi suhu udara yang tinggi, kecepatan angin yang kuat, dan bahan bakar yang mudah terbakar dapat menciptakan kondisi yang sangat berbahaya. Hal ini dapat mempercepat penyebaran api dan membuatnya sulit untuk mengendalikannya. Namun, ini merupakan parameter sederhana yang diamati, karena masih ada banyak faktor lain yang dapat mempengaruhi kebakaran, seperti kelembaban, jenis bahan bakar, topografi, dan lain sebagainya. Kombinasi semua faktor ini perlu dipertimbangkan dalam upaya untuk memahami dan mengendalikan kebakaran dengan efektif.